

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-057545  
 (43)Date of publication of application : 26.02.2003

(51)Int.Cl.

G02B 15/163  
 G02B 13/18

(21)Application number : 2001-240684

(71)Applicant : CASIO COMPUT CO LTD

(22)Date of filing : 08.08.2001

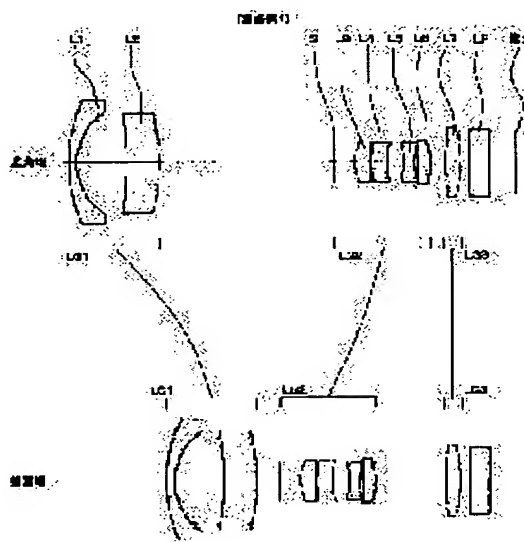
(72)Inventor : KAWAKAMI ETSURO

## (54) ZOOM LENS

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an inexpensive zoom lens having high resolution, restraining distortion aberration to be small, having long back focus, made excellent in telecentricity, made compact and constituted of small number of lenses by effectively arranging an aspherical lens made of resin material.

**SOLUTION:** This zoom lens is constituted of a 1st lens group, a 2nd lens group and a 3rd lens group in order from an object side. The 1st lens group has negative refractive power and is constituted by arranging a 1st lens being a meniscus lens having negative refractive power (hereinafter referred to as a negative lens) and a 2nd lens being a meniscus lens having small positive or negative refractive power, and the 2nd lens group has positive refractive power and is constituted by arranging a 3rd lens being a lens having positive refractive power (positive lens), a 4th lens being a meniscus lens having small positive or negative refractive power, a 5th lens being a biconcave negative lens, and a 6th lens being a positive lens, then the 3rd lens group is constituted by arranging only a 7th lens having positive refractive power and being a positive lens. In the case of zooming, variable power is realized by positionally moving the 1st lens group and the 2nd lens group.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] In order [ side / body ], it consists of a 1st lens group, a 2nd lens group, and a 3rd lens group. The 1st lens which is a lens (following negative lens) which said 1st lens group has negative refractive power, and has refractive power negative in a meniscus configuration, Have small forward or negative refractive power, and arrange the 2nd lens which is a meniscus configuration and it is constituted. The 3rd lens which is a lens (positive lens) which said 2nd lens group has forward refractive power, and has forward refractive power, The 4th lens which it has small forward or negative refractive power, and is a meniscus configuration, Arrange the 6th lens which is the 5th lens and positive lens which are both concave negative lens, and are constituted, and said 3rd lens group has forward refractive power, only the 7th lens which is a positive lens is arranged and constituted, and zooming is faced. In the zoom lens which has realized variable power by moving the location of said 1st lens group and said 2nd lens group The zoom lens characterized by having satisfied the following conditional expression (1) about the dimension of the direction of an optical axis of the lens whole system, and having satisfied the following conditional expression (2) about the power of said 1st lens group, and having satisfied the following conditional expression (3) about the power of said 3rd lens group.

(1)  $6.0 < TL/fw < 9.0$  (2)  $2.8 < |f1|/fw < 4.0$  (absolute value  $f1 < 0$  sake)

(3)  $2.2 < fIII/fw < 2.8$ , however  $TL$  : distance from the body side face of the 1st lens in a wide angle edge to the image surface (however, an parallel flat-surface square air scaled distance)

$fw$  : synthetic focal distance  $f1$  of the lens whole system in a wide angle edge : The synthetic focal distance  $fIII$  of the lens [ 1st ] group: Synthetic focal distance of the 3rd lens group [claim 2] Said zoom lens according to claim 1 characterized by having satisfied the following conditional expression (5) about the power of said 4th lens which satisfies the following conditional expression (4) in said zoom lens according to claim 1 about the power of said 2nd lens which constitutes said 1st lens group, and constitutes said 2nd lens group.

(4)  $fw/f2 < 0.10$  (however, since an absolute value has the case of  $f2 < 0$ )

(5)  $fw/f4 < 0.05$  (however, since an absolute value has the case of  $f4 < 0$ )

However,  $f2$  : Focal distance  $f4$  of the 2nd lens : Focal distance of the 4th lens [claim 3] Said zoom lens according to claim 1 characterized by having satisfied the following conditional expression (6) about the configuration of said 1st lens which constitutes said 1st lens group in said claim 1 and said zoom lens according to claim 2, and having satisfied the following conditional expression (7) about the quality of the material of said 1st lens.

(6)  $0.9 < r2/fw < 1.5$  (7)  $80 < n1$ ,  $nu1$ , however  $r2$  : Radius of curvature  $n1$  of the field by the side of the image of the 1st lens : Refractive index  $nu1$  of the 1st lens : The Abbe number of the 1st lens [claim 4] In said zoom lens according to claim 3 from said claim 1 again The following conditional expression (8) is satisfied about the power of said 5th lens which constitutes said 2nd lens group. Moreover, the following conditional expression (9) is satisfied about allocation of the Abbe number of each lens which constitutes said 2nd lens group. Said zoom lens according to claim 1 characterized by having satisfied the following conditional expression (10) about the configuration of said 5th lens, and having satisfied the following conditional expression (11) about the configuration of said 7th lens which constitutes said 3rd lens group further.

(8)  $0.65 < |f5|/fw < 0.95$  (absolute value  $f5 < 0$  sake)

(9)  $20 < (nu3+nu6)/2-nu5$  (10)  $0.95 < r5/fw < 1.15$  (11) It corrects  $0.7 < r7 / fw < 2.5$ .  $f5$  : Focal distance  $nu3$  of the 5th lens : The Abbe number  $nu5$  of the 3rd lens : The Abbe number  $nu6$  of the 5th lens : The Abbe number  $r5$  of the 6th lens : Radius of curvature  $r7$  of the field by the side of the body of the 3rd lens : Radius of curvature of the field by the side of the body of the 4th lens

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the highly efficient zoom lens used for the small image pick-up equipment which used image sensors, such as CCD (charged coupled device) mainly like a digital still camera.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although a digital still camera is image pick-up equipment which incorporates electrically the static image by which image formation was carried out with the taking lens by CCD etc., and is recorded on an internal memory, a removable memory card, etc., what has many numbers of pixels of image sensors (following CCD etc.), such as CCD currently used for incorporation of an image, was supplied cheaply, and since it became possible [ offering a sharp image ] even if it was a consumer product, it has spread quickly in the past several years. In current, what has the engine performance equivalent to the resolution of a film-based camera is already produced commercially in the range of limits, such as print size of a spread seal.

[0003] The taking lens of a digital still camera is observed. Although there is a taking lens of a VTR camera as optical system which used CCD, if the description of the taking lens of a digital still camera and a VTR camera is compared, it is the point of tele cent rucksack nature being required as thinking that the magnitude of an image circle is almost equivalent, and mentioning later in detail, and the taking lens for VTR cameras is similar to the taking lens of a digital still camera from the film-based camera without these need. Therefore, using the taking lens for VTR cameras for a digital still camera was performed in the beginning of spread. Although the VTR camera and the thing which development is furthered, carries out digital processing recently, and is characterized by high definition are produced commercially, about the resolution demanded on the property to see a playback image by television or the monitor, it is supposed that a 350,000-pixel class smaller a single figure than CCD used by the digital still camera is enough. The pixel pitch of CCD of this class is about 5.6micro.

Therefore, resolution is insufficient for using for the digital still camera which is using CCD of a 2 million-pixel class for the CCD pan which exceeds 1 million pixels for such a taking lens for VTR cameras, there is room of an improvement in it, the level demanded from the difference between an animation and a still picture also about the amount of the distortion aberration of a taking lens differs, and there is the need for aberration amendment still more severely in a digital still camera.

[0004] Like a digital still camera or a VTR camera, tele cent rucksack nature must be designed good by the optical system using image sensors, such as CCD. The chief ray of the bundle of rays over each image point becomes almost parallel to an optical axis, after injecting the last side of optical system, namely, the image surface says crossing almost perpendicularly as tele cent rucksack nature. In other words, it is required that the exit pupil location of optical system should separate from the image surface enough. although there is much what is for substantial aperture efficiency to decrease when a beam of light carries out incidence from across, since it is in the location from which, as for this, the color filter on CCD separated a little from the image pick-up side (it is called shading), and has allotted the micro-lens array by CCD of the latest high sensitivity mold especially just before the image pick-up side, if the exit pupil is not separated enough similarly in this case, aperture efficiency will come out on the outskirts, and it will fall. For moreover, the purpose which the sensibility in the infrared wavelength region of the crystal filter (optical low pass filter) inserted between optical system and CCD or CCD is reduced, and is brought close to the relative luminous efficiency of people's eyes in order to prevent the moire phenomenon which originates in the periodic structure of CCD and is generated Seldom changing the effective thickness of the infrared-absorption filter too inserted between optical system and CCD on the outskirts an optical-axis top will be called for, and it will need to design tele cent rucksack nature good in the taking lens for digital still cameras also at this point.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, the taking lens for digital still cameras must make tele SENTORRIKKU nature good now, while the resolution of about 4 times or more of a film-based camera is searched for, it must insert a crystal filter, an infrared-absorption filter, etc. between optical system and the image surface, and is required to obtain sufficient back focus. Moreover, while functions, such as a zoom lens, are generally also required, in order to supply the taking lens which fills these demands since the further miniaturization is also required, it is impossible without effective installation of an aspheric lens, but since the aspheric lens which used the glass ingredient is expensive, considering the field of cost, it cannot be used abundantly.

[0006] When this invention arranges the aspheric lens by the resin ingredient effectively in view of the situation mentioned above, it is high resolving and distortion aberration is small, for a long time, it is compact and a back focus also aims tele cent rucksack nature at the good thing for which a cheap zoom lens with little configuration number of sheets is offered.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order [ side / body ], the zoom lens of this invention consists of a 1st lens group, a 2nd lens group, and a 3rd lens group. The 1st lens which is a lens (following negative lens) which said 1st lens group has negative refractive power, and has refractive power negative in a meniscus configuration, Have small forward or negative refractive power, and arrange the 2nd lens which is a meniscus configuration and it is constituted. The 3rd lens which is a lens (positive lens) which said 2nd lens group has forward refractive power, and has forward refractive power, The 4th lens which it has small forward or negative refractive power, and is a meniscus configuration, Arrange the 6th lens which is the 5th lens and positive lens which are both concave negative lens, and are constituted, and said 3rd lens group has forward refractive power, only the 7th lens which is a positive lens is arranged and constituted, and zooming is faced. In the zoom lens which has realized variable power by moving the location of said 1st lens group and said 2nd lens group It is characterized by having satisfied the following conditional expression (1) about the dimension of the direction of an optical axis of the lens whole system, and having satisfied the following conditional expression (2) about the power of said 1st lens group, and having satisfied the following conditional expression (3) about the power of said 3rd lens group. (Claim 1)

[0008]

(1)  $6.0 < TL/fw < 9.0$  (2)  $2.8 < |f1|/fw < 4.0$  (absolute value  $f1 < 0$  sake)(3)  $2.2 < fIII/fw < 2.8$ , however  $TL$  : distance from the body side face of the 1st lens in a wide angle edge to the image surface (however, an parallel flat-surface square air scaled distance)

$fw$  : synthetic focal distance  $f1$  of the lens whole system in a wide angle edge : The synthetic focal distance  $fIII$  of the lens [ 1st ] group: Synthetic focal distance of the 3rd lens group [0009] Conditional expression (1) specifies the lens overall length in a wide angle edge. Since the lens overall length in a wide angle edge becomes larger than the case of other focal distances of which, they are the conditions about the miniaturization of the lens of this invention. If an upper limit is exceeded, while it is advantageous in respect of calling it aberration amendment, it will disagree with the miniaturization which is the description of this invention. Moreover, if a minimum is exceeded conversely, power of each lens must be enlarged, aggravation of many aberration and aggravation of sensitivity are caused, and it is not suitable for the actual condition.

[0010] Conditional expression (2) is related with suitable allocation of the power to the 1st lens group which has negative refractive power. It becomes the balance of the conditions for amending the magnitude and many aberration of the whole optical system proper. If a minimum is exceeded, it will become difficult for the negative power of the 1st lens group to be large, and for there to have to be in slight strength about the forward power of the 2nd lens group and the 3rd lens group in connection with this, but to balance many aberration, and the engine performance will fall. Conversely, if an upper limit is exceeded, large air spacing with the 2nd group must be taken, the magnitude of the whole optical system will be enlarged, and it is not suitable for the application of a compact digital still camera.

[0011] Conditional expression (3) is related with the power of said 3rd lens group. Although the big back focus for arranging constraint of the tele cent rucksack nature by the side of an image and the Xtal light filter, and the filter for infrared absorption just before CCD needs to fill a demand with the taking lens used for applications, such as a digital still camera, as mentioned above, said 3rd lens group will give the burden to these demands with the effect about distortion aberration. Therefore, although priority must be given over each of other lens group and proper power must be chosen, the range is range shown by conditional expression (3). When the minimum of conditional expression (3) is exceeded, while causing aggravation of distortion aberration, a suitable back focus cannot be taken, but it stops materializing for the application of a digital still camera. Conversely, if an upper limit is exceeded, good tele cent rucksack nature cannot be obtained, but the extinction in a periphery will pose a problem under the effect of shading etc.

[0012] Moreover, it is desirable to have satisfied the following conditional expression (5) about the power of said 4th lens which satisfies the following conditional expression (4) about the power of said 2nd lens which constitutes said 1st lens group, and constitutes said 2nd lens group. (Claim 2)

(4)  $fw/f2 < 0.10$  (however, since an absolute value has the case of  $f2 < 0$ )(5)  $fw/f4 < 0.05$  (however, since an absolute value has the case of  $f4 < 0$ )

However,  $f2$  : Focal distance  $f4$  of the 2nd lens : Focal distance of the 4th lens [0013] With the zoom lens of this invention, in order to realize high resolving, the aspheric surface is adopted as said 2nd lens and said 4th lens, but since the aspheric lens which uses a glass ingredient becomes disadvantageous in respect of cost, it is carrying out design-consideration for manufacturing said 2nd lens and said 4th lens with a resin ingredient. It is specifically setting power of each lens to about 0, and even if it adopts a resin ingredient by this and changes the temperature and humidity of an operating environment, the effect of the image quality on change of the refractive index of a resin ingredient and change of a configuration can be pressed down to the minimum. Moreover, also in the moldability of a resin ingredient, since \*\*\*\*\* improves, a desirable result is brought. In the range which it is the conditional expression for it, and conditional expression (4) is the conditions in said 2nd lens, and was shown by conditional expression, even if conditional expression (4) and conditional expression (5) use a resin ingredient for said 2nd lens, they are satisfactory, but if the range is crossed, the property change by an operating environment changing will pose a problem, and a moldability will also get worse. Similarly, if the range of conditional expression (5) is crossed, the property change by the operating environment in said 4th lens changing will pose a problem, and a moldability will also get worse.

[0014] Moreover, in said claim 1 and said zoom lens according to claim 2, it is desirable to have satisfied the following conditional expression (6) about the configuration of said 1st lens which constitutes said 1st lens group, and to have satisfied the following conditional expression (7) about the quality of the material of said 1st lens. (Claim 3)

(6)  $0.9 < r2/fw < 1.5$  (7)  $80 < n1$ ,  $nu1$ , however  $r2$  : Radius of curvature  $n1$  of the field by the side of the image of the 1st lens :

Refractive index  $nu1$  of the 1st lens : The Abbe number of the 1st lens [0015] Conditional expression (6) is the conditional expression about the configuration of the image side face of said 1st lens which is a concave surface with large curvature. By giving curvature in the range of conditional expression (6), generating of many aberration is fundamentally made small by considering as this mental configuration to an entrance pupil. If a minimum is exceeded, while the radius of curvature of the image side face of said 1st lens will become small and processing will become difficult, negative power will become excessive too much and the PETTSU bar sum will be [ too little ]. Conversely, if an upper limit is exceeded, although a processing top becomes advantageous, concentricity will get worse and amendment of distortion aberration or a curvature of field will become difficult.

[0016] Conditional expression (7) is the conditions about the property of the \*\* material currently used for said 1st lens. since said 1st lens group makes power of said 2nd lens small like conditional expression (4) — the power of said 1st lens group negative in said 1st lens — it is thought that all are paid mostly. Therefore, if the engine performance when carrying out variable power is taken into consideration, it will become required to fill conditional expression (7). When the chromatic-aberration fluctuation at the time of variable power becomes large when the minimum of conditional expression (7) was exceeded, for example the Abbe number of said 1st lens becomes small, and the refractive index of said 1st lens becomes small, the PETTSU bar sum will become small too much.

[0017] Furthermore, the following conditional expression (8) is satisfied about the power of said 5th lens which constitutes said 2nd lens group. Moreover, the following conditional expression (9) is satisfied about allocation of the Abbe number of each lens which constitutes said 2nd lens group. It is desirable to have satisfied the following conditional expression (10) about the configuration of said 5th lens, and to have satisfied the following conditional expression (11) about the configuration of said 7th lens which constitutes said 3rd lens group further. (Claim 4)

(8)  $0.65 < |f5|/fw < 0.95$  (absolute value  $f5 < 0$  sake)

(9)  $20 < (nu3+nu6)/2-nu5$  (10)  $0.95 < r5/fw < 1.15$  (11) It corrects  $0.7 < r7 / fw < 2.5$ .  $f5$  : Focal distance  $nu3$  of the 5th lens : The Abbe number  $nu5$  of the 3rd lens : The Abbe number  $nu6$  of the 5th lens : The Abbe number  $r5$  of the 6th lens : Radius of curvature  $r7$  of the field by the side of the body of the 3rd lens : Radius of curvature of the field by the side of the body of the 4th lens [0018] Conditional expression (8) has an important role about the power of the 5th lens to the PETTSU bar sum, i.e., a curvature of field, and chromatic aberration. Although it will become advantageous conditions to a curvature of field

and chromatic aberration if a minimum is exceeded (i.e., if the power of the 5th lens is large), to spherical aberration and comatic aberration, it becomes unfavorable conditions. Conversely, although it will become advantageous to spherical aberration or comatic aberration if an upper limit is surpassed (i.e., if the power of the 5th lens is small), to a curvature of field and chromatic aberration, it becomes unfavorable conditions.

[0019] Conditional expression (9) is related with allocation of the Abbe number of the positive lens currently used for the 2nd lens group, and a negative lens. Since the 4th lens has almost no power, it has not taken up as a term. Therefore, it becomes the conditions for holding balance with each aberration, amending chromatic aberration good. When the Abbe number of each positive lens of the 2nd lens group becomes large when the upper limit was exceeded namely, each refractive index becomes low conversely, the PETTSU bar sum becomes large and it becomes disadvantageous amending [ of a curvature of field ] it. Conversely, if a minimum is exceeded, for amendment of chromatic aberration, the power of each lens will become large and will become disadvantageous for amendment of spherical aberration and comatic aberration.

[0020] Conditional expression (10) is the conditional expression about the configuration of the 3rd lens body side face. Since the 3rd lens body side face is arranged just behind an aperture diaphragm, it takes charge of an important role about amendment of spherical aberration. Although connected also with the negative power of the 1st lens group, it becomes the conditions for amending spherical aberration good. Although it will become easy to amend about the aberration besides shafts, such as comatic aberration and astigmatism, if an upper limit is exceeded by conditional expression (10), it becomes superfluous amending spherical aberration. Conversely, if a minimum is exceeded, it will become insufficient amending spherical aberration and amendment also with the good aberration besides a shaft will become difficult at coincidence.

[0021] Conditional expression (11) is the conditional expression about the configuration of the 4th lens body side face. Since it is arranged just behind the 3rd lens and there is almost no power in the 4th lens itself, the 4th lens body side face serves as a form reinforced with the effectiveness of an aspheric surface configuration to the role of the 3rd lens. That is, it becomes the conditions for amending spherical aberration good too. If the upper limit of conditional expression (11) is exceeded, about the aberration besides shafts, such as comatic aberration, it will become easy to amend, but if it becomes superfluous amending spherical aberration and it exceeds a minimum conversely, amendment with the aberration good [ spherical aberration ] besides the lack of amendment and a shaft cannot be performed.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained about a concrete numerical example. In order [ side / body ], it consists of a 1st lens group LG1, a 2nd lens group LG2, and a 3rd lens group LG3, and sequentially from a body side, said 1st lens group LG1 arranges the 1st lens L1 which is a negative lens, and the 2nd lens L2 which it has small forward or negative refractive power, and is a meniscus configuration, and is constituted from an example 1 to the following examples 7 by each in a meniscus configuration. Said 2nd lens group LG2 has aperture-diaphragm S in a body side most, below, sequentially from a body side, allots 6th lens L6 which is the 3rd lens L3 which is a positive lens, the 4th lens L4 which it has small forward or negative refractive power, and is a meniscus configuration, the 5th lens L5 which is both concave negative lens, and a positive lens, and is constituted. Said 3rd lens group LG3 arranges only the 7th lens L7 which is a positive lens, and is constituted. Moreover, air spacing is set between said 3rd lens groups LG3 and image surfaces, and plane parallel plate LP is allotted. Although said plane parallel plate LP is constituted from the cover glass, crystal filter, and infrared-absorption filter of CCD by the detail, since it is optically satisfactory in any way, the plane parallel plate of one sheet equal to such total thickness is expressing.

[0023] About the aspheric surface currently used in each example When taking a Y-axis in the direction which intersects perpendicularly with the Z-axis and an optical axis in the direction of an optical axis like common knowledge, aspheric surface type:  $Z = (Y^2/r) [1 + \sqrt{1 - (1+K)(Y/r)^2}] + A - Y$  the curve given by  $4 + B - Y^6 + C - Y^8 + D - Y^{10} + \dots$  on the curved surface acquired by rotating around an optical axis Paraxial radius of curvature: Give r, cone constant: K, high order aspheric surface multiplier: A, and B, C and D, and define a configuration. In addition, in the notation of the cone constant in a table, and a high order aspheric surface multiplier, "the figure following E and it" expresses "the power of 10." for example, "E-4" means  $10^{-4}$ , and requires this numeric value for the last numeric value — it is.

[0024] [Example 1] A numerical example is shown in Table 1 about the 1st example of the aspheric lens of this invention. Moreover, drawing 1 is the lens block diagram, and drawing 2 is many of the aberration Figs. For the focal distance of the lens whole system, and Fno, the f number and 2omega are [ the inside of a table and a drawing and f ] the total field angle of a lens, and bf. A back focus is expressed. Back focus bf It is the air scaled distance of the distance from the 7th lens image side face which constitutes the 3rd lens group to the image surface. Moreover, R is radius of curvature and D is lens thickness or lens spacing, and Nd. The refractive index of d line, and nud The Abbe number of d line is shown. d, g, and C in many aberration Figs. are an aberration curve in each wavelength. Moreover, S shows sagittal ones and M shows MERIDIONARU.

[0025]

[Table 1]

$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$   
 $F_{\omega} = 3.0 \sim 3.4 \sim 4.1$   
 $2\omega = 62.60^\circ \sim 46.07^\circ \sim 33.81^\circ$   
 $b_f = 3.68$

面No.	R	D	$N_d$	$\nu_d$	
1	13.272	0.60	1.77250	49.62	第1 レンズ群
2	5.466	3.64	—	—	
3	-32.487	2.47	1.58300	30.05	
4	-21.152	13.01 $\sim$ 6.38 $\sim$ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2 レンズ群
6	4.251	1.17	1.71300	53.94	
7	-48.571	0.05	—	—	
8	7.954	1.13	1.49241	57.93	
9	7.583	1.26	—	—	
10	-6.773	0.80	1.84666	23.78	
11	4.880	0.32	—	—	
12	-36.636	0.86	1.69680	55.46	第3 レンズ群
13	-5.407	1.10 $\sim$ 2.80 $\sim$ 5.14	—	—	
14	21.995	1.08	1.80420	46.50	
15	-13.076	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面  $K = -0.778361E+01$   $A = -0.174053E-03$   $B = 0.338628E-05$   
 第4面  $K = 0.142287E+02$   $A = -0.209870E-03$   $B = 0.430421E-05$   
 第8面  $K = -0.311817E+01$   $A = 0.127372E-02$   $B = -0.535264E-04$   
 第9面  $K = -0.571996E+01$   $A = 0.648961E-02$   $B = 0.381093E-03$

[0026] [Example 2] A numerical example is shown in Table 2 about the 2nd example. Moreover, drawing 3 is the lens block diagram, and drawing 4 is many of the aberration Figs.

[Table 2]

$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$   
 $F_{\omega} = 3.0 \sim 3.5 \sim 4.1$   
 $2\omega = 63.01^\circ \sim 46.38^\circ \sim 34.01^\circ$   
 $b_f = 3.88$

面No.	R	D	$N_d$	$\nu_d$	
1	14.086	0.60	1.72000	50.34	第1 レンズ群
2	5.356	3.09	—	—	
3	-32.375	3.03	1.58300	30.05	
4	-21.368	12.85 $\sim$ 6.31 $\sim$ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2 レンズ群
6	4.318	1.16	1.72000	50.34	
7	-40.664	0.05	—	—	
8	7.002	1.36	1.49241	57.93	
9	6.555	0.88	—	—	
10	-5.889	0.80	1.84666	23.78	
11	5.040	0.30	—	—	
12	-40.222	0.87	1.71300	53.94	第3 レンズ群
13	-5.241	1.15 $\sim$ 2.93 $\sim$ 5.39	—	—	
14	17.628	1.14	1.72000	50.34	
15	-13.131	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面  $K = -0.973540E+01$   $A = -0.167315E-03$   $B = 0.101424E-05$   
 第4面  $K = 0.146862E+02$   $A = -0.206586E-03$   $B = 0.267352E-05$   
 第8面  $K = -0.370905E+01$   $A = 0.138939E-02$   $B = -0.810675E-04$   
 第9面  $K = -0.438863E+01$   $A = 0.586035E-02$   $B = 0.341584E-03$

[0027] [Example 3] A numerical example is shown in Table 3 about the 3rd example. Moreover, drawing 5 is the lens block diagram, and drawing 6 is many of the aberration Figs.

[Table 3]

$$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$$

$$F_{\infty} = 3.0 \sim 3.4 \sim 4.1$$

$$2\omega = 62.64^\circ \sim 46.01^\circ \sim 33.80^\circ$$

$$b_f = 3.75$$

面No.	R	D	N <sub>d</sub>	$\nu_d$	
1	12.152	0.62	1.80420	46.50	第1レンズ群
2	5.351	3.47	—	—	
3	-28.040	2.53	1.58300	30.05	
4	-19.404	12.98 ~ 6.37 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2レンズ群
6	4.331	1.26	1.69680	55.46	
7	-38.507	0.11	—	—	
8	7.084	1.18	1.49241	57.93	
9	6.694	1.24	—	—	
10	-5.784	0.80	1.84666	23.78	
11	5.359	0.34	—	—	
12	-18.874	0.88	1.77250	49.62	第3レンズ群
13	-4.953	0.84 ~ 2.57 ~ 4.95	—	—	
14	18.583	1.15	1.69680	55.46	
15	-11.786	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

非球面係数

$$\text{第3面 } K = -0.142091E+02 \quad A = -0.275430E-03 \quad B = 0.778474E-06$$

$$\text{第4面 } K = 0.115229E+02 \quad A = -0.260129E-03 \quad B = 0.273248E-05$$

$$\text{第8面 } K = -0.367847E+01 \quad A = 0.147887E-02 \quad B = -0.129796E-03$$

$$\text{第9面 } K = -0.426604E+01 \quad A = 0.616207E-02 \quad B = 0.219136E-03$$

[0028] [Example 4] A numerical example is shown in Table 4 about the 4th example. Moreover, drawing 7 is the lens block diagram, and drawing 8 is many of the aberration Figs.

[Table 4]

$$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$$

$$F_{\infty} = 3.0 \sim 3.4 \sim 4.1$$

$$2\omega = 63.52^\circ \sim 46.34^\circ \sim 33.94^\circ$$

$$b_f = 3.80$$

面No.	R	D	N <sub>d</sub>	$\nu_d$	
1	10.624	0.60	1.69680	55.46	第1レンズ群
2	5.097	3.10	—	—	
3	-19.227	3.25	1.58300	30.05	
4	-21.119	12.64 ~ 6.23 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2レンズ群
6	4.453	1.15	1.71300	53.94	
7	-36.466	0.05	—	—	
8	6.754	1.33	1.49241	57.93	
9	6.037	1.10	—	—	
10	-6.085	0.80	1.84666	23.78	
11	5.520	0.33	—	—	
12	-17.513	0.87	1.77250	49.62	第3レンズ群
13	-4.899	1.00 ~ 2.73 ~ 5.12	—	—	
14	21.949	1.15	1.69680	55.46	
15	-10.931	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

非球面係数

$$\text{第3面 } K = -0.749155E+00 \quad A = -0.136735E-03 \quad B = -0.137594E-05$$

$$\text{第4面 } K = 0.130292E+02 \quad A = -0.217223E-03 \quad B = 0.174151E-05$$

$$\text{第8面 } K = -0.468340E+01 \quad A = 0.224254E-02 \quad B = -0.162041E-03$$

$$\text{第9面 } K = -0.284487E+01 \quad A = 0.656350E-02 \quad B = 0.228111E-03$$

[0029] [Example 5] A numerical example is shown in Table 5 about the 5th example. Moreover, drawing 9 is the lens block diagram, and drawing 10 is many of the aberration Figs.

[Table 5]

$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$   
 $F_{\infty} = 3.0 \sim 3.5 \sim 4.1$   
 $2\omega = 63.95^\circ \sim 46.58^\circ \sim 33.93^\circ$   
 $b_f = 2.95$

面 No.	R	D	$N_d$	$\nu_d$	
1	11.564	0.60	1.69680	55.46	第1 レンズ群
2	4.496	2.36	—	—	
3	-23.130	1.56	1.58300	30.05	
4	-16.941	10.61 $\sim$ 5.39 $\sim$ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2 レンズ群
6	4.234	1.15	1.71300	53.94	
7	-30.130	0.05	—	—	
8	4.446	1.35	1.49241	57.93	
9	4.000	0.62	—	—	
10	-7.905	0.60	1.84666	23.78	
11	4.462	0.35	—	—	
12	97.643	0.82	1.77250	49.62	第3 レンズ群
13	-6.800	1.87 $\sim$ 3.36 $\sim$ 5.41	—	—	
14	16.296	1.09	1.69680	55.46	
15	-14.340	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面  $K = 0.368650E+02$   $A = -0.675816E-03$   $B = 0.189253E-05$   
 第4面  $K = 0.160751E+02$   $A = -0.928343E-03$   $B = -0.105793E-06$   
 第8面  $K = -0.457648E+01$   $A = 0.692430E-02$   $B = -0.484622E-03$   
 第9面  $K = -0.152056E+01$   $A = 0.103697E-01$   $B = 0.940841E-03$

[0030] [Example 6] A numerical example is shown in Table 6 about the 6th example. Moreover, drawing 11 is the lens block diagram, and drawing 12 is many of the aberration Figs.

[Table 6]

$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.16$   
 $F_{\infty} = 3.0 \sim 3.5 \sim 4.1$   
 $2\omega = 63.65^\circ \sim 46.91^\circ \sim 34.34^\circ$   
 $b_f = 3.99$

面 No.	R	D	$N_d$	$\nu_d$	
1	59.493	0.60	1.48749	70.44	第1 レンズ群
2	5.477	2.21	—	—	
3	-44.413	4.89	1.58300	30.05	
4	-26.775	13.10 $\sim$ 6.437 $\sim$ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2 レンズ群
6	4.413	1.54	1.69680	55.46	
7	-33.495	0.05	—	—	
8	7.103	1.51	1.49241	57.93	
9	6.606	0.53	—	—	
10	-7.961	1.09	1.84666	23.78	
11	4.992	0.34	—	—	
12	-27.380	0.82	1.72342	37.99	第3 レンズ群
13	-5.987	1.15 $\sim$ 2.95 $\sim$ 5.44	—	—	
14	30.999	1.16	1.71300	53.94	
15	-9.866	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面  $K = 0.339983E+02$   $A = -0.277498E-05$   $B = 0.615379E-05$   
 第4面  $K = 0.259617E+02$   $A = -0.123636E-03$   $B = 0.607152E-05$   
 第8面  $K = -0.786422E+01$   $A = 0.258848E-02$   $B = -0.220266E-03$   
 第9面  $K = -0.261824E+01$   $A = 0.607959E-02$   $B = 0.458772E-03$

[0031] [Example 7] A numerical example is shown in Table 7 about the 7th example. Moreover, drawing 13 is the lens block diagram, and drawing 14 is many of the aberration Figs.

[Table 7]



$$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$$

$$F_{\infty} = 3.0 \sim 3.5 \sim 4.1$$

$$2\omega = 63.63^\circ \sim 46.79^\circ \sim 34.24^\circ$$

$$b_f = 3.89$$

面No.	R	D	N <sub>d</sub>	v <sub>d</sub>	
1	18.815	0.78	1.51680	64.20	第1 レンズ群
2	5.285	2.56	—	—	
3	-23.649	5.37	1.58300	30.05	
4	-25.572	13.32 ~ 6.52 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2 レンズ群
6	4.312	1.22	1.63854	55.45	
7	-26.679	0.05	—	—	
8	6.809	1.85	1.49241	57.93	
9	6.198	0.58	—	—	
10	-6.569	0.80	1.80518	25.46	
11	4.880	0.30	—	—	
12	-74.854	0.87	1.63854	55.45	第3 レンズ群
13	-5.562	1.17 ~ 2.97 ~ 5.43	—	—	
14	18.244	1.20	1.63854	55.45	
15	-10.729	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	∞	1.50	1.51680	64.20	
17	∞	—	—	—	

## 非球面係数

第3面 K=-0.633433E+00 A=-0.152034E-04 A= 0.341613E-05

第4面 K= 0.221217E+02 A=-0.600932E-04 A= 0.446534E-05

第8面 K=-0.631391E+01 A= 0.185497E-02 A=-0.193378E-03

第9面 K=-0.376733E+01 A= 0.549786E-02 A= 0.339267E-03

[0032] Next, the value corresponding to the conditional expression (11) from conditional expression (1) is collectively shown in Table 8 about an example 7 from an example 1.

[Table 8]

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
条件式(1)	7.82	7.82	7.82	7.82
条件式(2)	3.76	3.73	3.74	3.67
条件式(3)	2.47	2.54	2.51	2.54
条件式(4)	0.043	0.043	0.043	0.004
条件式(5)	0.000	0.000	0.000	0.014
条件式(6)	1.31	1.28	1.28	1.22
条件式(7)	88.0	86.6	83.9	94.1
条件式(8)	0.78	0.74	0.76	0.79
条件式(9)	30.92	28.36	28.76	28.00
条件式(10)	1.02	1.03	1.04	1.07
条件式(11)	1.90	1.68	1.69	1.62

	実施例 5	実施例 6	実施例 7
条件式(1)	6.58	8.25	8.49
条件式(2)	3.14	3.74	3.77
条件式(3)	2.66	2.54	2.57
条件式(4)	0.042	0.040	0.000
条件式(5)	0.000	0.000	0.000
条件式(6)	1.08	1.31	1.26
条件式(7)	94.1	104.8	97.4
条件式(8)	0.79	0.83	0.81
条件式(9)	28.00	22.95	29.99
条件式(10)	1.01	1.06	1.03
条件式(11)	1.06	1.70	1.63

While the numeric value about each example of an example 1 to the example 7 has satisfied (11) from conditional expression (1), each aberration is amended good so that clearly also from the aberration Fig. in each example, so that clearly from Table 8.

[0033]

[Effect of the Invention] According to this invention, by arranging the aspheric lens by the resin ingredient effectively, it is high resolving, and distortion aberration is small, and a back focus can offer a cheap zoom lens with little configuration number of sheets with a compact also with good tele cent rucksack nature for a long time.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] The lens block diagram of the 1st example of the zoom lens by this invention
  - [Drawing 2] Many aberration Figs. of the lens of the 1st example
  - [Drawing 3] The lens block diagram of the 2nd example of the zoom lens by this invention
  - [Drawing 4] Many aberration Figs. of the lens of the 2nd example
  - [Drawing 5] The lens block diagram of the 3rd example of the zoom lens by this invention
  - [Drawing 6] Many aberration Figs. of the lens of the 3rd example
  - [Drawing 7] The lens block diagram of the 4th example of the zoom lens by this invention
  - [Drawing 8] Many aberration Figs. of the lens of the 4th example
  - [Drawing 9] The lens block diagram of the 5th example of the zoom lens by this invention
  - [Drawing 10] Many aberration Figs. of the lens of the 5th example
  - [Drawing 11] The lens block diagram of the 6th example of the zoom lens by this invention
  - [Drawing 12] Many aberration Figs. of the lens of the 6th example
  - [Drawing 13] The lens block diagram of the 7th example of the zoom lens by this invention
  - [Drawing 14] Many aberration Figs. of the lens of the 7th example
- 

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-57545

(P2003-57545A)

(43)公開日 平成15年2月26日(2003.2.26)

(51)Int.Cl.

G 0 2 B 15/163  
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 15/163  
13/18

テマコード\*(参考)

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 24 頁)

(21)出願番号 特願2001-240684(P2001-240684)

(22)出願日 平成13年8月8日(2001.8.8)

(71)出願人 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都渋谷区本町1丁目6番2号

(72)発明者 川上 悦郎

東京都羽村市栄町3丁目2番1号 カシオ

計算機株式会社羽村技術センター内

Fターム(参考) 2H087 KA03 PA07 PA17 PB07 QA02

QA07 QA17 QA21 QA22 QA25

QA34 QA41 QA46 RA05 RA12

RA13 RA36 RA42 SA14 SA16

SA19 SA62 SA63 SA74 SB03

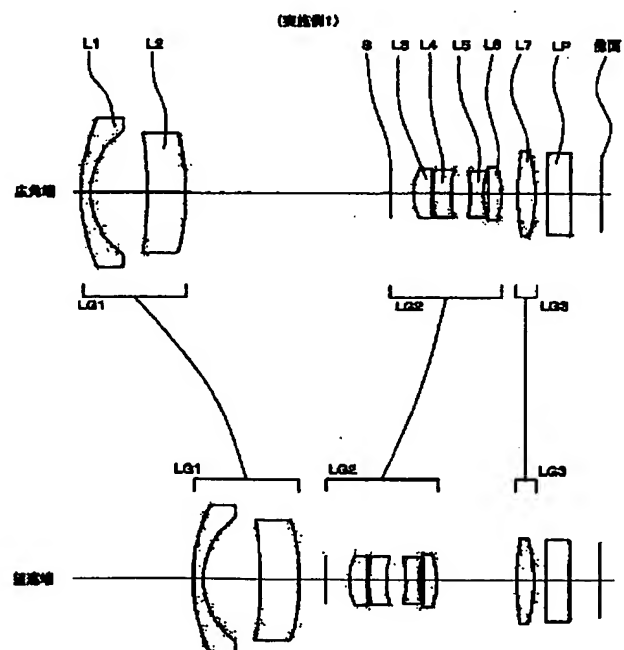
SB15 SB22 UA01

(54)【発明の名称】 ズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 樹脂材料による非球面レンズを効果的に配することにより、高解像でかつ歪曲収差が小さく、バックフォーカスが長く、またテレセントリック性も良好なコンパクトで構成枚数の少ない安価なズームレンズを提供する。

【解決手段】 物体側より順に、第1レンズ群、第2レンズ群及び第3レンズ群から構成され、前記第1レンズ群は負の屈折力を有し、メニスカス形状で負の屈折力を有するレンズ（以下負レンズ）である第1レンズ、小さい正または負の屈折力を有しメニスカス形状である第2レンズを配して構成され、前記第2レンズ群は正の屈折力を有し、正の屈折力を有するレンズ（正レンズ）である第3レンズ、小さい正または負の屈折力を有しメニスカス形状である第4レンズ、両凹負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを配して構成され、前記第3レンズ群は正の屈折力を有し、正レンズである第7レンズのみ配して構成され、ズームングに際して、前記第1レンズ群、及び前記第2レンズ群の位置を移動することにより変倍を実現していることを特徴とするズームレンズ



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、第1レンズ群、第2レンズ群及び第3レンズ群から構成され、前記第1レンズ群は負の屈折力を有し、メニスカス形状で負の屈折力を有するレンズ（以下負レンズ）である第1レンズ、小さい正または負の屈折力を有しメニスカス形状である第2レンズを配して構成され、前記第2レンズ群は正の屈折力を有し、正の屈折力を有するレンズ（正レンズ）である第3レンズ、小さい正または負の屈折力を有しメニスカス形状である第4レンズ、両凹負レンズである第5レ

$$(1) \quad 0 < TL / f_w < 9.0$$

$$(2) \quad 2.8 < |f_r| / f_w < 4.0 \quad (\text{絶対値は } f_r < 0 \text{ のため})$$

$$(3) \quad 2.2 < f_{III} / f_w < 2.8$$

ただし、

TL：広角端における第1レンズの物体側面から像面までの距離（ただし、平行平面ガラス部分は空気換算距離）

$f_w$ ：広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離

$f_r$ ：第1レンズ群の合成焦点距離

$f_{III}$ ：第3レンズ群の合成焦点距離

$$(4) \quad f_w / |f_2| < 0.10 \quad (\text{ただし絶対値は } f_2 < 0 \text{ の場合があるため})$$

$$(5) \quad f_w / |f_4| < 0.05 \quad (\text{ただし絶対値は } f_4 < 0 \text{ の場合があるため})$$

ただし、

$f_2$ ：第2レンズの焦点距離

$f_4$ ：第4レンズの焦点距離

【請求項3】 前記請求項1及び前記請求項2に記載のズームレンズにおいて、前記第1レンズ群を構成する前記第1レンズの形状に関して下記条件式（6）を満足し、また前記第1レンズの材質に関して下記条件式（7）を満足していることを特徴とする前記請求項1記載のズームレンズ。

$$(6) \quad 0.9 < r_2 / f_w < 1.5$$

$$(7) \quad 80 < n_1 \cdot \nu_1$$

ただし、

$$(8) \quad 0.65 < |f_5| / f_w < 0.95 \quad (\text{絶対値は } f_5 < 0 \text{ のため})$$

$$(9) \quad 2.0 < (\nu_3 + \nu_5) / 2 - \nu_5$$

$$(10) \quad 0.95 < r_5 / f_w < 1.15$$

$$(11) \quad 0.7 < r_7 / f_w < 2.5$$

ただし、

$f_5$ ：第5レンズの焦点距離

$\nu_3$ ：第3レンズのアッベ数

$\nu_5$ ：第5レンズのアッベ数

$\nu_6$ ：第6レンズのアッベ数

$r_5$ ：第3レンズの物体側の面の曲率半径

$r_7$ ：第4レンズの物体側の面の曲率半径

【発明の詳細な説明】

ンズ、正レンズである第6レンズを配して構成され、前記第3レンズ群は正の屈折力を有し、正レンズである第7レンズのみ配して構成され、ズームに際して、前記第1レンズ群、及び前記第2レンズ群の位置を移動することにより変倍を実現しているズームレンズにおいて、レンズ全系の光軸方向の寸法に関して下記条件式

（1）を満足しており、前記第1レンズ群のパワーに関して下記条件式（2）を満足しており、また前記第3レンズ群のパワーに関して下記条件式（3）を満足していることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記請求項1記載のズームレンズにおいて、前記第1レンズ群を構成する前記第2レンズのパワーに関して下記条件式（4）を満足し、また前記第2レンズ群を構成する前記第4レンズのパワーに関して下記条件式（5）を満足していることを特徴とする前記請求項1記載のズームレンズ。

$r_2$ ：第1レンズの像側の面の曲率半径

$n_1$ ：第1レンズの屈折率

$\nu_1$ ：第1レンズのアッベ数

【請求項4】 前記請求項1から前記請求項3に記載のズームレンズにおいて、また、前記第2レンズ群を構成する前記第5レンズのパワーに関して下記条件式（8）を満足し、また前記第2レンズ群を構成する各レンズのアッベ数の配分に関して下記条件式（9）を満足し、前記第5レンズの形状に関して下記条件式（10）を満足し、さらに前記第3レンズ群を構成する前記第7レンズの形状に関して下記条件式（11）を満足していることを特徴とする前記請求項1記載のズームレンズ。

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、主にデジタルスチルカメラのようなCCD (charged coupled device) 等のイメージセンサを使用した小型の撮像装置に用いられる高性能なズームレンズに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 デジタルスチルカメラは、撮影レンズによって結像された静止画像をCCD等により電氣的に取

り込み、内蔵メモリや着脱可能なメモ리카ードなどに記録する撮像装置であるが、画像の取り込みに使用しているCCD等の撮像素子（以下CCD等）の画素数の多いものが安価に供給されるなどして、民生品であっても鮮鋭な画像を提供することが可能となったため、ここ数年で急速に普及してきた。現在では、普及判のプリントサイズなどの制限の範囲では銀塩カメラの解像力と同等の性能を有するものが既に製品化されている。

【0003】デジタルスチルカメラの撮影レンズに注目してみる。CCDを使用した光学系としてVTRカメラの撮影レンズがあるが、デジタルスチルカメラとVTRカメラの撮影レンズの特徴を比較して見ると、イメージサークルの大きさがほぼ同等であると考えてよく、また詳しくは後述するようにテレセントリック性を要求されるなどの点で、これらの必要がない銀塩カメラよりもVTRカメラ用の撮影レンズのほうがデジタルスチルカメラの撮影レンズに類似している。従って、VTRカメラ用の撮影レンズをデジタルスチルカメラに利用することは、普及の当初では行われていた。VTRカメラも開発が進められ最近ではデジタル処理をして高画質を特徴とするものも製品化されているが、再生画像をテレビジョンあるいはモニターで見るという性質上要求される解像度についてはデジタルスチルカメラで使用されるCCDより1桁小さい35万画素クラスで十分とされている。このクラスのCCDの画素ピッチは約5.6 $\mu$ 程度である。従って、このようなVTRカメラ用の撮影レンズを100万画素を越えるCCDさらには200万画素クラスのCCDを使用しているデジタルスチルカメラに利用するには解像力不足で、改善の余地があり、撮影レンズの歪曲収差の量についても動画と静止画の違いから要求されるレベルが異なり、デジタルスチルカメラではさらに厳しく収差補正の必要がある。

【0004】デジタルスチルカメラやVTRカメラのように、CCD等のイメージセンサを用いた光学系ではテレセントリック性を良好に設計しなければならない。テレセントリック性とは、各像点に対する光線束の主光線が、光学系の最終面を射出した後、光軸とほぼ平行になる、すなわち、像面とはほぼ垂直に交わることを言う。言い換えると、光学系の射出瞳位置が像面から十分離れることが要求されるのである。これは、CCD上の色フィルターが撮像面からやや離れた位置にあるために、光線が、斜めから入射した場合、実質的な開口効率が減少する（シェーディングという）ためであり、特に最近の高感度型のCCDでは、撮像面の直前にマイクロレンズアレーを配しているものが多いが、この場合も同様に、射出瞳が十分離れていないと、周辺で開口効率が低下してしまう。また、CCDの周期構造に起因して発生するモアレ現象等を防止するために光学系とCCDの間に

挿入される水晶フィルター（オプティカルローパスフィルター）やCCDの赤外波長域での感度を低下させて人の目の比視感度に近づける目的で、やはり光学系とCCDの間に挿入される赤外吸収フィルターの実効厚さが、光軸上と周辺であまり変動しないことが求められ、この点でもデジタルスチルカメラ用の撮影レンズにおいてはテレセントリック性を良好に設計する必要が生じる。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】このように、デジタルスチルカメラ用の撮影レンズは、現在では、銀塩カメラの約4倍以上の解像力が求められていると同時にテレセントリック性を良好にし、光学系と像面の間に水晶フィルターや赤外吸収フィルター等を挿入しなければならない、十分なバックフォーカスを得ることを要求される。また、ズームレンズなどの機能も一般的に要求される一方で、さらなるコンパクト化も要求されるため、これらの要求を満たす撮影レンズを供給するためには非球面レンズの効果的な導入なしには不可能なのであるが、ガラス材料を使用した非球面レンズは高価であるために、コストの面を考えると多用することは出来ない。

【0006】本発明は、前述した事情に鑑み樹脂材料による非球面レンズを効果的に配することにより、高解像度かつ歪曲収差が小さく、バックフォーカスが長く、またテレセントリック性も良好なコンパクトで構成枚数の少ない安価なズームレンズを提供することを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは物体側より順に、第1レンズ群、第2レンズ群及び第3レンズ群から構成され、前記第1レンズ群は負の屈折力を有し、メニスカス形状で負の屈折力を有するレンズ（以下負レンズ）である第1レンズ、小さい正または負の屈折力を有しメニスカス形状である第2レンズを配して構成され、前記第2レンズ群は正の屈折力を有し、正の屈折力を有するレンズ（正レンズ）である第3レンズ、小さい正または負の屈折力を有しメニスカス形状である第4レンズ、両凹負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを配して構成され、前記第3レンズ群は正の屈折力を有し、正レンズである第7レンズのみ配して構成され、ズーミングに際して、前記第1レンズ群、及び前記第2レンズ群の位置を移動することにより変倍を実現しているズームレンズにおいて、レンズ全系の光軸方向の寸法に関して下記条件式（1）を満足しており、前記第1レンズ群のパワーに関して下記条件式（2）を満足しており、また前記第3レンズ群のパワーに関して下記条件式（3）を満足していることを特徴とする。（請求項1）

#### 【0008】

$$(1) \quad 6.0 < TL/f_w < 9.0$$

$$(2) \quad 2.8 < |f_r|/f_w < 4.0 \quad (\text{絶対値は } f_r < 0 \text{ のた})$$

め)

$$(3) \quad 2.2 < f_{III} / f_w < 2.8$$

ただし、

TL: 広角端における第1レンズの物体側面から像面までの距離 (ただし、平行平面ガラス部分は空気換算距離)

$f_w$ : 広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離

$f_I$ : 第1レンズ群の合成焦点距離

$f_{III}$ : 第3レンズ群の合成焦点距離

【0009】条件式(1)は、広角端におけるレンズ全長を規定するものである。広角端でのレンズ全長が、他のどの焦点距離の場合よりも大きくなるので、すなわち本発明のレンズの小型化に関する条件である。上限を越えると収差補正という面では有利である反面、本発明の特徴である小型化と相反することとなる。また、逆に下限を越えると、各レンズのパワーを大きくしなければならず、諸収差の悪化、敏感度の悪化を招き、実状に適さない。

【0010】条件式(2)は、負の屈折力を有する第1レンズ群へのパワーの適切な配分に関するものである。光学系全体の大きさと諸収差を適正に補正するための条件のバランスとなる。下限を越えると、第1レンズ群の負のパワーが大きくなり、これに伴い第2レンズ群、第3レンズ群の正のパワーを強めなければならず諸収差のバランスを取るのが困難となり性能が低下する。逆に上限を越えると、第2群との空気間隔を大きくとら

$$(4) \quad f_w / |f_2| < 0.10 \quad (\text{ただし絶対値は } f_2 < 0 \text{ の場合があるため})$$

$$(5) \quad f_w / |f_4| < 0.05 \quad (\text{ただし絶対値は } f_4 < 0 \text{ の場合があるため})$$

ただし、

$f_2$ : 第2レンズの焦点距離

$f_4$ : 第4レンズの焦点距離

【0013】本発明のズームレンズでは、高解像を実現するために、前記第2レンズと前記第4レンズに非球面を採用しているが、ガラス材料を使用時の非球面レンズはコストの面で不利となるため、前記第2レンズ及び前記第4レンズを樹脂材料により製作するための設計的配慮をしている。具体的には各々のレンズのパワーをほぼ0とすることであり、このことによって、樹脂材料を採用しても、使用環境の温度や湿度が変動したとしても、樹脂材料の屈折率の変化や、形状の変化の画質への影響を最小限に押さえることができる。また、樹脂材料の成形性においても、均肉性が向上するため好ましい結果となる。条件式(4)及び条件式(5)はそのための条件式であり、条件式(4)は、前記第2レンズにおける条件で、条件式で示された範囲では、前記第2レンズに樹脂材料を使用しても問題ないが、範囲を越えると、使用環境が変わることによる特性変化が問題となり、成形性も悪化する。同様に、条件式(5)の範囲を越える

ねばならず光学系全体の大きさが大型化する事となりコンパクトなデジタルスチルカメラの用途に適さない。

【0011】条件式(3)は、前記第3レンズ群のパワーに関するものである。デジタルスチルカメラ等の用途で使用される撮影レンズでは前述したように像側のテレセントリック性の制約、及び水晶光学フィルタや赤外吸収のためのフィルタをCCD直前に配置するための大きなバックフォーカスが要求を満たす必要があるが、前記第3レンズ群は歪曲収差に関する影響とともにこれらの要求に対しての負担を持たせることとなる。従って、他の各レンズ群よりも優先して適正なパワーの選択をしなければならないが、その範囲が条件式(3)で示される範囲である。条件式(3)の下限を越えると、歪曲収差の悪化を招くと同時に適切なバックフォーカスをとることが出来ず、デジタルスチルカメラの用途では成立しなくなる。逆に上限を越えると良好なテレセントリック性を得る事が出来ずシェーディング等の影響で周辺部での減光が問題となる。

【0012】また、前記第1レンズ群を構成する前記第2レンズのパワーに関して下記条件式(4)を満足し、また前記第2レンズ群を構成する前記第4レンズのパワーに関して下記条件式(5)を満足していることが好ましい。(請求項2)

と、前記第4レンズでの使用環境が変わることによる特性変化が問題となり、成形性も悪化する。

【0014】また、前記請求項1及び前記請求項2に記載のズームレンズにおいて、前記第1レンズ群を構成する前記第1レンズの形状に関して下記条件式(6)を満足し、また前記第1レンズの材質に関して下記条件式(7)を満足していることが好ましい。(請求項3)

$$(6) \quad 0.9 < r_2 / f_w < 1.5$$

$$(7) \quad 80 < n_1 \cdot v_1$$

ただし、

$r_2$ : 第1レンズの像側の面の曲率半径

$n_1$ : 第1レンズの屈折率

$v_1$ : 第1レンズのアベ数

【0015】条件式(6)は、曲率の大きい凹面である前記第1レンズの像側面の形状に関する条件式である。条件式(6)の範囲で曲率を与える事によって、入射瞳に対して同心的形状とすることにより諸収差の発生を基本的に小さくしている。下限を越えると、前記第1レンズの像側面の曲率半径が小さくなり加工が困難となると共に、負のパワーが過大になりすぎ、ペッツバル和が

過小となってしまう。逆に上限を越えると、加工上は有利となるが、同心性が悪化し、歪曲収差や像面湾曲の補正が困難となる。

【0016】条件式(7)は、前記第1レンズに使用されている硝材の特性についての条件である。前記第1レンズ群は前記第2レンズのパワーを条件式(4)の如く小さくしているため、前記第1レンズが前記第1レンズ群の負のパワーのほぼ全部を負担していると考えられる。従って、変倍したときの性能を考慮すると、条件式(7)を満たしていることが必要でとなる。条件式(7)の下限を越えると、例えば前記第1レンズのアップ

$$(8) \quad 0.65 < |f_s| / f_w < 0.95 \quad (\text{絶対値は } f_s <$$

0のため)

$$(9) \quad 2.0 < (v_s + v_e) / 2 - v_s$$

$$(10) \quad 0.95 < r_s / f_w < 1.15$$

$$(11) \quad 0.7 < r_r / f_w < 2.5$$

ただし、

$f_s$  : 第5レンズの焦点距離

$v_s$  : 第3レンズのアップベ数

$v_e$  : 第5レンズのアップベ数

$v_r$  : 第6レンズのアップベ数

$r_s$  : 第3レンズの物体側の面の曲率半径

$r_r$  : 第4レンズの物体側の面の曲率半径

【0018】条件式(8)は、第5レンズのパワーに関するもので、ベッツパールの和すなわち像面湾曲及び色収差に対して重要な役割を持っている。下限を越えると、すなわち第5レンズのパワーが大きいと像面湾曲及び色収差に対しては有利な条件となるが、球面収差及びコマ収差に対しては不利な条件となる。逆に上限をこえると、すなわち第5レンズのパワーが小さいと球面収差やコマ収差に対しては有利となるが、像面湾曲及び色収差に対しては不利な条件となる。

【0019】条件式(9)は、第2レンズ群に使用されている正レンズと負レンズのアップベ数の配分に関するものである。第4レンズはほとんどパワーを持たないので、項としては取り上げていない。従って、色収差を良好に補正しつつ各収差とのバランスを保持するための条件となる。上限を越えると、すなわち第2レンズ群の各正レンズのアップベ数が大きくなった場合には、それぞれの屈折率は逆に低くなりベッツパールの和が大きくなってしまい像面湾曲の補正が不利となる。逆に下限を越えると、色収差の補正のため各レンズのパワーが大きくなり、球面収差およびコマ収差の補正に不利となる。

【0020】条件式(10)は、第3レンズ物体側面の形状に関する条件式である。第3レンズ物体側面は開口絞りの直後に配置されるため、球面収差の補正に関して重要な役割を受け持つ。第1レンズ群の負のパワーとも関連しているが、球面収差を良好に補正するための条件となる。条件式(10)で上限を越えると、コマ収差や非点収差などの軸外の収差に関しては補正し易くなる

べ数が小さくなった場合、変倍時の色収差変動が大きくなり、また前記第1レンズの屈折率が小さくなった場合にはベッツパールの和が小さくなりすぎてしまう。

【0017】さらに、前記第2レンズ群を構成する前記第5レンズのパワーに関して下記条件式(8)を満足し、また前記第2レンズ群を構成する各レンズのアップベ数の配分に関して下記条件式(9)を満足し、前記第5レンズの形状に関して下記条件式(10)を満足し、さらに前記第3レンズ群を構成する前記第7レンズの形状に関して下記条件式(11)を満足していることが好ましい。(請求項4)

が、球面収差が補正過剰となる。逆に下限を越えると、球面収差は補正不足となり、同時に軸外の収差も良好な補正が困難となる。

【0021】条件式(11)は、第4レンズ物体側面の形状に関する条件式である。第4レンズ物体側面は第3レンズの直後に配置されており、また第4レンズそのものにはほとんどパワーがないため、第3レンズの役割に対して、非球面形状の効果をもって補強する形となっている。すなわち、やはり球面収差を良好に補正するための条件となる。条件式(11)の上限を越えると、コマ収差などの軸外の収差に関しては補正し易くなるが、球面収差が補正過剰となり、逆に下限を越えると、球面収差は補正不足、軸外の収差も良好な補正は出来ない。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、具体的な数値実施例について、本発明を説明する。以下の実施例1から実施例7では、いずれも物体側より順に、第1レンズ群LG1、第2レンズ群LG2及び第3レンズ群LG3から構成され、前記第1レンズ群LG1は物体側から順にメニスカス形状で負レンズである第1レンズL1、小さい正または負の屈折力を有しメニスカス形状である第2レンズL2を配して構成される。前記第2レンズ群LG2は最も物体側に開口絞りSを有し、以下物体側から順に、正レンズである第3レンズL3、小さい正または負の屈折力を有しメニスカス形状である第4レンズL4、両凹負レンズである第5レンズL5及び正レンズである第6レンズL6を配して構成される。前記第3レンズ群LG3は正レンズである第7レンズL7のみ配して構成される。また、前記第3レンズ群LG3と像面との間には空気間隔において平行平面ガラスLPが配されている。前記平行平面ガラスLPは詳細にはCCDのカバーガラス、水晶フィルター、及び赤外吸収フィルターから構成されるのであるが、光学的には何ら問題はないのでこれらの総厚に等しい1枚の平行平面ガラスで表現している。

【0023】各実施例において使用している非球面については、周知のごとく、光軸方向にZ軸、光軸と直交する方向にY軸をとるとき、非球面式：

$$Z = (Y^2/r) [1 + \sqrt{1 - (1+K)(Y/r)^2}] + A \cdot Y^4 + B \cdot Y^6 + C \cdot Y^8 + D \cdot Y^{10} + \dots$$

で与えられる曲線を光軸の回りに回転して得られる曲面で、近軸曲率半径：r、円錐定数：K、高次の非球面係数：A、B、C、Dを与えて形状を定義する。尚表中の円錐定数及び高次の非球面係数の表記において「Eとそれに続く数字」は「10の累乗」を表している。例えば、「E-4」は $10^{-4}$ を意味し、この数値が直前の数値に掛かるのである。

【0024】【実施例1】 本発明の非球面レンズの第

1実施例について数値例を表1に示す。また図1は、そのレンズ構成図、図2はその諸収差図である。表及び図面中、fはレンズ全系の焦点距離、F<sub>no</sub>はFナンバー、2ωはレンズの全周角、b<sub>f</sub>はバックフォーカスを表す。バックフォーカsb<sub>f</sub>は第3レンズ群を構成する第7レンズ像側面から像面までの距離の空気換算距離である。また、Rは曲率半径、Dはレンズ厚またはレンズ間隔、N<sub>d</sub>はd線の屈折率、ν<sub>d</sub>はd線のアッペ数を示す。諸収差図中のd、g、Cはそれぞれの波長における収差曲線である。またSはサジタル、Mはメリディオナルを示している。

【0025】

【表 1】

f = 4.18 ~ 5.85 ~ 8.15					
F <sub>no</sub> = 3.0 ~ 3.4 ~ 4.1					
2ω = 62.60° ~ 46.07° ~ 33.81°					
b <sub>f</sub> = 3.63					
面No.	R	D	N <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>	
1	13.272	0.60	1.77250	49.62	第1レンズ群
2	5.466	3.64	—	—	
3	-32.487	2.47	1.58300	30.05	
4	-21.152	13.01 ~ 6.38 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	
6	4.251	1.17	1.71300	53.94	第2レンズ群
7	-48.571	0.05	—	—	
8	7.954	1.13	1.49241	57.93	
9	7.583	1.28	—	—	
10	-6.773	0.80	1.84666	23.78	
11	4.880	0.32	—	—	
12	-36.636	0.86	1.69680	55.46	
13	-5.407	1.10 ~ 2.80 ~ 5.14	—	—	第3レンズ群
14	21.995	1.08	1.80420	46.60	
15	-13.076	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	∞	1.50	1.51680	64.20	
17	∞	—	—	—	

#### 非球面係数

第3面	K = -0.778361E+01	A = -0.174063E-03	B = 0.338628E-05
第4面	K = 0.142287E+02	A = -0.209870E-03	B = 0.430421E-05
第8面	K = -0.311817E+01	A = 0.127372E-02	B = -0.535264E-04
第9面	K = -0.571996E+01	A = 0.648961E-02	B = 0.381093E-03

【0026】【実施例2】 第2実施例について数値例とその諸収差図である。

【表 2】



$$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$$

$$F_{\omega} = 3.0 \sim 3.5 \sim 4.1$$

$$2\omega = 63.01^{\circ} \sim 46.38^{\circ} \sim 34.01^{\circ}$$

$$b_f = 3.88$$

面 No.	R	D	N <sub>d</sub>	$\nu_d$	
1	14.086	0.60	1.72000	50.34	第1レンズ群
2	5.356	3.09	—	—	
3	-32.375	3.03	1.58300	30.05	
4	-21.368	12.85 ~ 6.31 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2レンズ群
6	4.318	1.16	1.72000	50.34	
7	-40.564	0.05	—	—	
8	7.002	1.36	1.49241	57.93	
9	6.555	0.88	—	—	
10	-5.889	0.80	1.84666	23.78	
11	5.040	0.30	—	—	
12	-40.222	0.87	1.71300	53.94	第3レンズ群
13	-5.241	1.16 ~ 2.93 ~ 5.39	—	—	
14	17.628	1.14	1.72000	50.34	
15	-13.131	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面	K=-0.973540E+01	A=-0.157315E-03	B=0.101424E-05
第4面	K=0.146862E+02	A=-0.206586E-03	B=0.267352E-05
第8面	K=-0.370905E+01	A=0.138939E-02	B=0.810675E-04
第9面	K=-0.438863E+01	A=0.586035E-02	B=0.341584E-03

【0027】 [実施例3] 第3実施例について数値例  
を表3に示す。また、図5はそのレンズ構成図、図6は  
その諸収差図である。

【表 3】

$$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$$

$$F_{\omega} = 3.0 \sim 3.4 \sim 4.1$$

$$2\omega = 62.64^{\circ} \sim 46.01^{\circ} \sim 33.80^{\circ}$$

$$b_f = 3.75$$

面 No.	R	D	N <sub>d</sub>	$\nu_d$	
1	12.152	0.62	1.80420	48.50	第1レンズ群
2	5.351	3.47	—	—	
3	-28.040	2.53	1.58300	30.05	
4	-19.404	12.98 ~ 6.37 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2レンズ群
6	4.331	1.26	1.69680	55.46	
7	-38.507	0.11	—	—	
8	7.084	1.18	1.49241	57.93	
9	6.694	1.24	—	—	
10	-5.784	0.80	1.84666	23.78	
11	5.359	0.34	—	—	
12	-18.874	0.88	1.77250	49.62	第3レンズ群
13	-4.953	0.84 ~ 2.57 ~ 4.95	—	—	
14	18.583	1.15	1.69680	55.46	
15	-11.786	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面	K=-0.142091E+02	A=-0.275430E-03	B=0.778474E-06
第4面	K=0.115229E+02	A=-0.260129E-03	B=0.273248E-06
第8面	K=-0.387847E+01	A=0.147887E-02	B=0.129796E-03
第9面	K=-0.428604E+01	A=0.616207E-02	B=0.219136E-03

【0028】 [実施例4] 第4実施例について数値例  
を表4に示す。また、図7はそのレンズ構成図、図8は  
その諸収差図である。

【表 4】

$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$   
 $F_{\omega} = 3.0 \sim 3.4 \sim 4.1$   
 $2\omega = 63.52^\circ \sim 46.34^\circ \sim 33.94^\circ$   
 $b_f = 3.80$

面No.	R	D	$N_d$	$v_d$	
1	10.624	0.60	1.69680	55.46	第1レンズ群
2	5.097	3.10	—	—	
3	-19.227	3.25	1.58300	30.05	
4	-21.119	12.64 ~ 6.23 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2レンズ群
6	4.453	1.15	1.71300	53.94	
7	-38.468	0.05	—	—	
8	6.754	1.33	1.49241	57.93	
9	6.037	1.10	—	—	
10	-6.085	0.80	1.84666	23.78	
11	5.520	0.33	—	—	
12	-17.513	0.87	1.77250	49.62	第3レンズ群
13	-4.899	1.00 ~ 2.73 ~ 5.12	—	—	
14	21.949	1.15	1.69680	55.46	
15	-10.931	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面  $K = -0.749155E+00$   $A = -0.136735E-03$   $B = -0.137594E-06$   
 第4面  $K = 0.130292E+02$   $A = -0.217223E-03$   $B = 0.174151E-06$   
 第8面  $K = -0.468340E+01$   $A = 0.224254E-02$   $B = -0.162041E-03$   
 第9面  $K = -0.284487E+01$   $A = 0.656350E-02$   $B = 0.228111E-03$

【0029】〔実施例5〕 第5実施例について数値例はその諸収差図である。  
 を表5に示す。また、図9はそのレンズ構成図、図10 【表5】

$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$   
 $F_{\omega} = 3.0 \sim 3.5 \sim 4.1$   
 $2\omega = 63.96^\circ \sim 46.58^\circ \sim 33.93^\circ$   
 $b_f = 2.95$

面No.	R	D	$N_d$	$v_d$	
1	11.564	0.60	1.69680	55.46	第1レンズ群
2	4.496	2.36	—	—	
3	-23.130	1.56	1.58300	30.05	
4	-16.941	10.61 ~ 5.39 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2レンズ群
6	4.234	1.15	1.71300	53.94	
7	-30.130	0.05	—	—	
8	4.446	1.35	1.49241	57.93	
9	4.000	0.62	—	—	
10	-7.905	0.60	1.84666	23.78	
11	4.462	0.35	—	—	
12	97.643	0.82	1.77250	49.62	第3レンズ群
13	-6.800	1.87 ~ 3.36 ~ 5.41	—	—	
14	16.296	1.09	1.69680	55.46	
15	-14.340	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面  $K = 0.368650E+02$   $A = -0.675816E-03$   $B = 0.189253E-06$   
 第4面  $K = 0.160751E+02$   $A = -0.928343E-03$   $B = -0.106793E-06$   
 第8面  $K = -0.457648E+01$   $A = 0.692430E-02$   $B = -0.484622E-03$   
 第9面  $K = -0.152056E+01$   $A = 0.103697E-01$   $B = 0.940841E-03$

【0030】〔実施例6〕 第6実施例について数値例2はその諸収差図である。  
 を表6に示す。また、図11はそのレンズ構成図、図1 【表6】

$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.16$   
 $F_{\omega} = 3.0 \sim 3.5 \sim 4.1$   
 $2\omega = 63.66^\circ \sim 46.91^\circ \sim 34.34^\circ$   
 $b_f = 3.99$

面No.	R	D	$N_d$	$v_d$	
1	59.493	0.60	1.48749	70.44	第1レンズ群
2	5.477	2.21	—	—	
3	-44.413	4.89	1.58300	30.05	
4	-26.775	13.10 ~ 6.437 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2レンズ群
6	4.413	1.54	1.69680	55.48	
7	-33.495	0.05	—	—	
8	7.103	1.51	1.49241	57.93	
9	6.606	0.53	—	—	
10	-7.961	1.09	1.84666	23.78	
11	4.992	0.34	—	—	
12	-27.380	0.82	1.72342	37.99	第3レンズ群
13	-5.987	1.15 ~ 2.95 ~ 5.44	—	—	
14	30.999	1.16	1.71300	63.94	
15	-9.866	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面  $K = 0.339983E+02$   $A = -0.277498E-05$   $B = 0.615379E-05$   
 第4面  $K = 0.259617E+02$   $A = -0.123636E-03$   $B = 0.607162E-05$   
 第8面  $K = -0.786422E+01$   $A = 0.258848E-02$   $B = -0.220266E-03$   
 第9面  $K = -0.261824E+01$   $A = 0.607959E-02$   $B = 0.458772E-03$

【0031】 [実施例7] 第7実施例について数値例 4はその諸収差図である。  
 を表7に示す。また、図13はそのレンズ構成図、図1 【表7】

$f = 4.18 \sim 5.85 \sim 8.15$   
 $F_{\omega} = 3.0 \sim 3.5 \sim 4.1$   
 $2\omega = 63.63^\circ \sim 46.79^\circ \sim 34.24^\circ$   
 $b_f = 3.89$

面No.	R	D	$N_d$	$v_d$	
1	18.815	0.78	1.51680	64.20	第1レンズ群
2	5.285	2.56	—	—	
3	-23.649	5.37	1.58300	30.05	
4	-25.572	13.32 ~ 6.52 ~ 1.70	—	—	
5	絞り	1.52	—	—	第2レンズ群
6	4.312	1.22	1.63854	55.45	
7	-28.679	0.05	—	—	
8	6.809	1.85	1.49241	57.93	
9	6.198	0.58	—	—	
10	-6.569	0.80	1.80518	25.46	
11	4.880	0.30	—	—	
12	-74.854	0.87	1.63854	55.45	第3レンズ群
13	-5.562	1.17 ~ 2.97 ~ 5.43	—	—	
14	18.244	1.20	1.63854	55.45	
15	-10.729	0.76	—	—	平行平面ガラス
16	$\infty$	1.50	1.51680	64.20	
17	$\infty$	—	—	—	

## 非球面係数

第3面  $K = -0.633433E+00$   $A = -0.152034E-04$   $A = 0.341613E-05$   
 第4面  $K = 0.221217E+02$   $A = -0.600932E-04$   $A = 0.446534E-05$   
 第8面  $K = -0.631391E+01$   $A = 0.185497E-02$   $A = -0.193378E-03$   
 第9面  $K = -0.376733E+01$   $A = 0.549786E-02$   $A = 0.339287E-03$

【0032】 次に実施例1から実施例7に関して条件式 8に示す。  
 (1) から条件式 (11) に対応する値を、まとめて表 【表8】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
条件式(1)	7.82	7.82	7.82	7.82
条件式(2)	3.76	3.73	3.74	3.67
条件式(3)	2.47	2.54	2.51	2.54
条件式(4)	0.043	0.043	0.043	0.004
条件式(5)	0.000	0.000	0.000	0.014
条件式(6)	1.31	1.28	1.28	1.22
条件式(7)	88.0	86.6	83.9	94.1
条件式(8)	0.78	0.74	0.76	0.79
条件式(9)	30.92	28.36	28.76	28.00
条件式(10)	1.02	1.03	1.04	1.07
条件式(11)	1.90	1.68	1.69	1.62

	実施例 5	実施例 6	実施例 7
条件式(1)	6.68	8.25	8.49
条件式(2)	3.14	3.74	3.77
条件式(3)	2.66	2.54	2.57
条件式(4)	0.042	0.040	0.000
条件式(5)	0.000	0.000	0.000
条件式(6)	1.08	1.31	1.26
条件式(7)	94.1	104.8	97.4
条件式(8)	0.79	0.83	0.81
条件式(9)	28.00	22.95	29.99
条件式(10)	1.01	1.06	1.03
条件式(11)	1.06	1.70	1.63

表 8 から明らかなように、実施例 1 から実施例 7 の各実施例に関する数値は条件式 (1) から (11) を満足しているとともに、各実施例における収差図からも明らかなように、各収差とも良好に補正されている。

#### 【0033】

【発明の効果】本発明によれば、樹脂材料による非球面レンズを効果的に配することにより、高解像でかつ歪曲収差が小さく、バックフォーカスが長く、またテレセントリック性も良好なコンパクトで構成枚数の少ない安価なズームレンズを提供することが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明によるズームレンズの第 1 実施例のレンズ構成図

【図 2】第 1 実施例のレンズの諸収差図

【図 3】本発明によるズームレンズの第 2 実施例のレンズ構成図

【図 4】第 2 実施例のレンズの諸収差図

【図 5】本発明によるズームレンズの第 3 実施例のレンズ構成図

【図 6】第 3 実施例のレンズの諸収差図

【図 7】本発明によるズームレンズの第 4 実施例のレンズ構成図

【図 8】第 4 実施例のレンズの諸収差図

【図 9】本発明によるズームレンズの第 5 実施例のレンズ構成図

【図 10】第 5 実施例のレンズの諸収差図

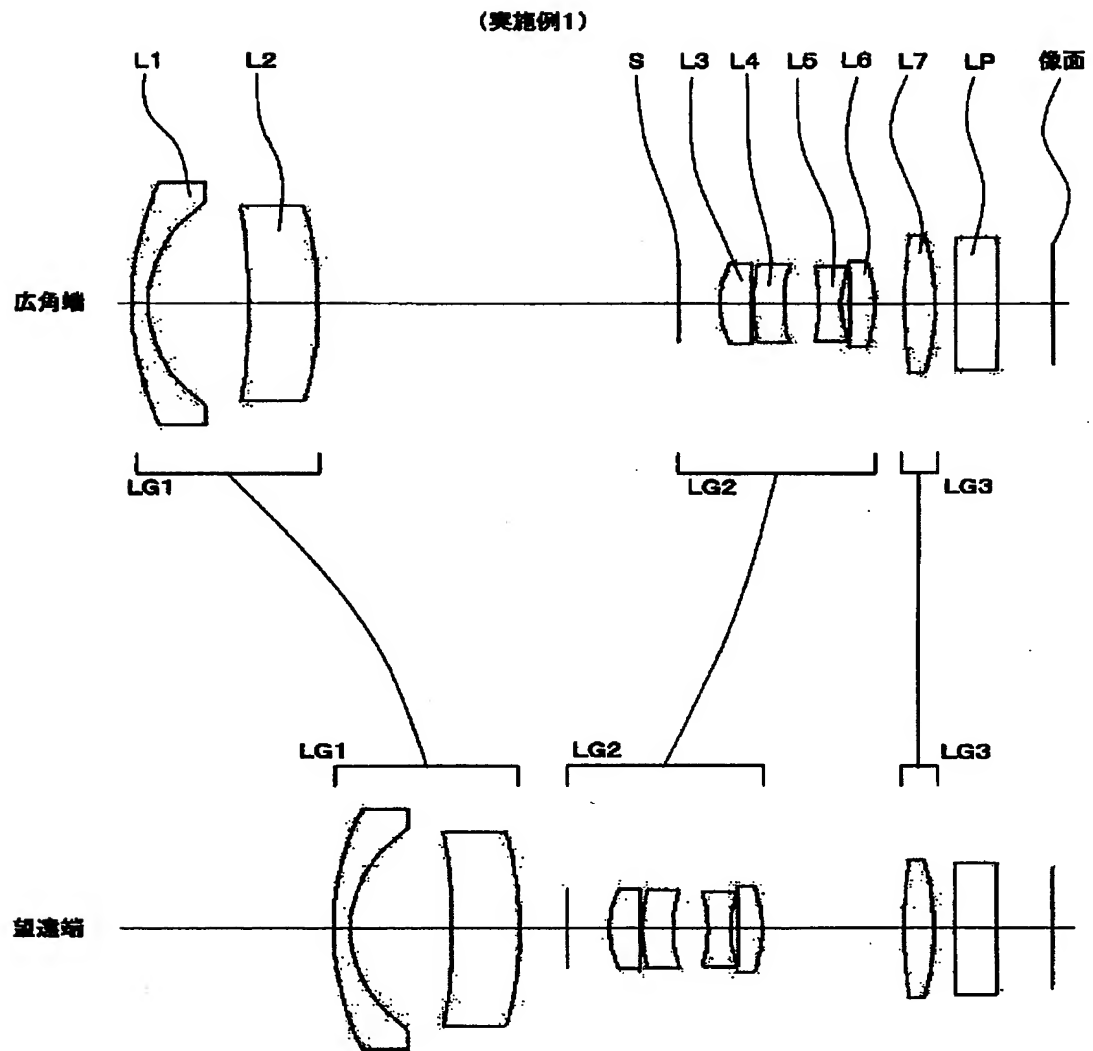
【図 11】本発明によるズームレンズの第 6 実施例のレンズ構成図

【図 12】第 6 実施例のレンズの諸収差図

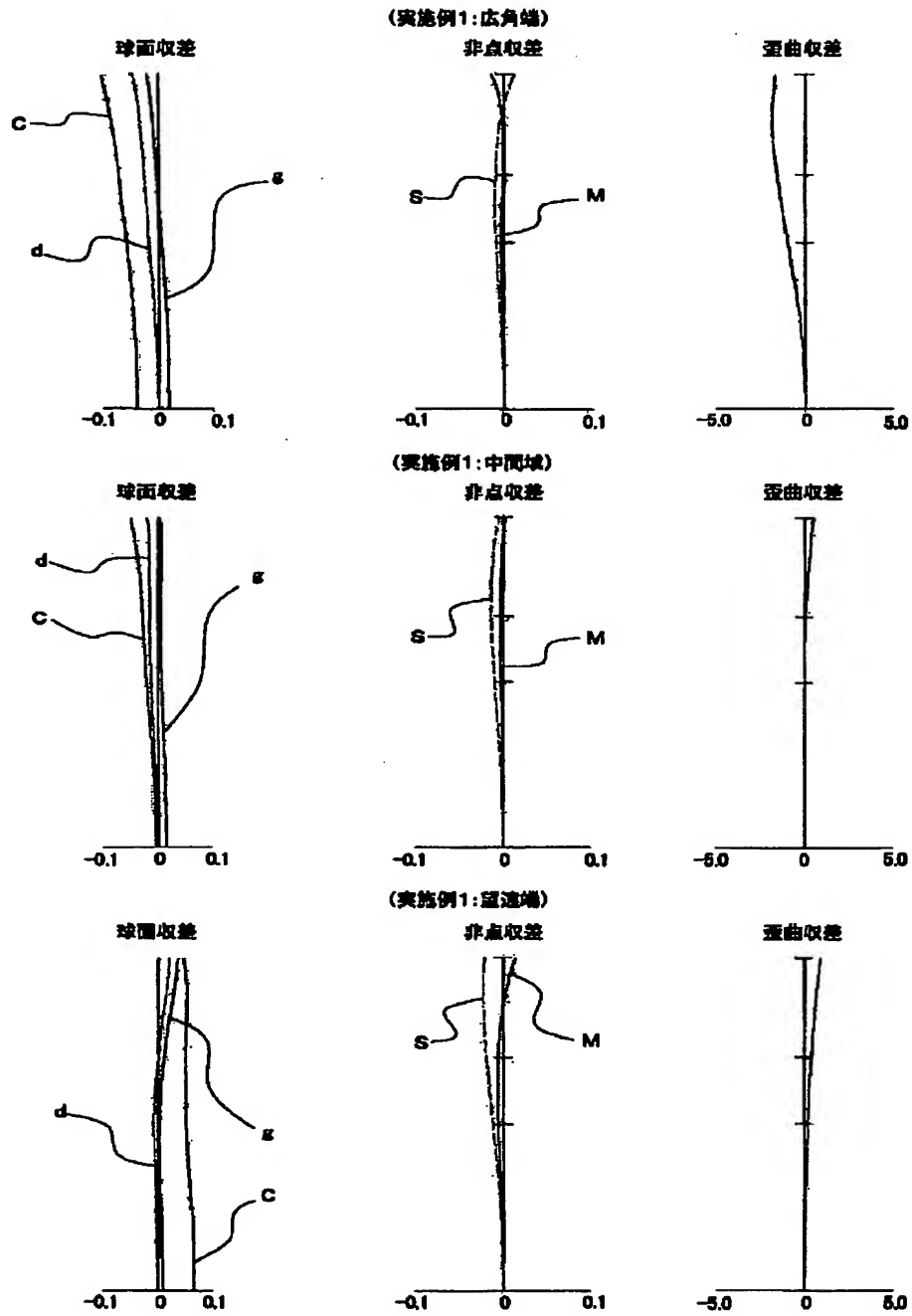
【図 13】本発明によるズームレンズの第 7 実施例のレンズ構成図

【図 14】第 7 実施例のレンズの諸収差図

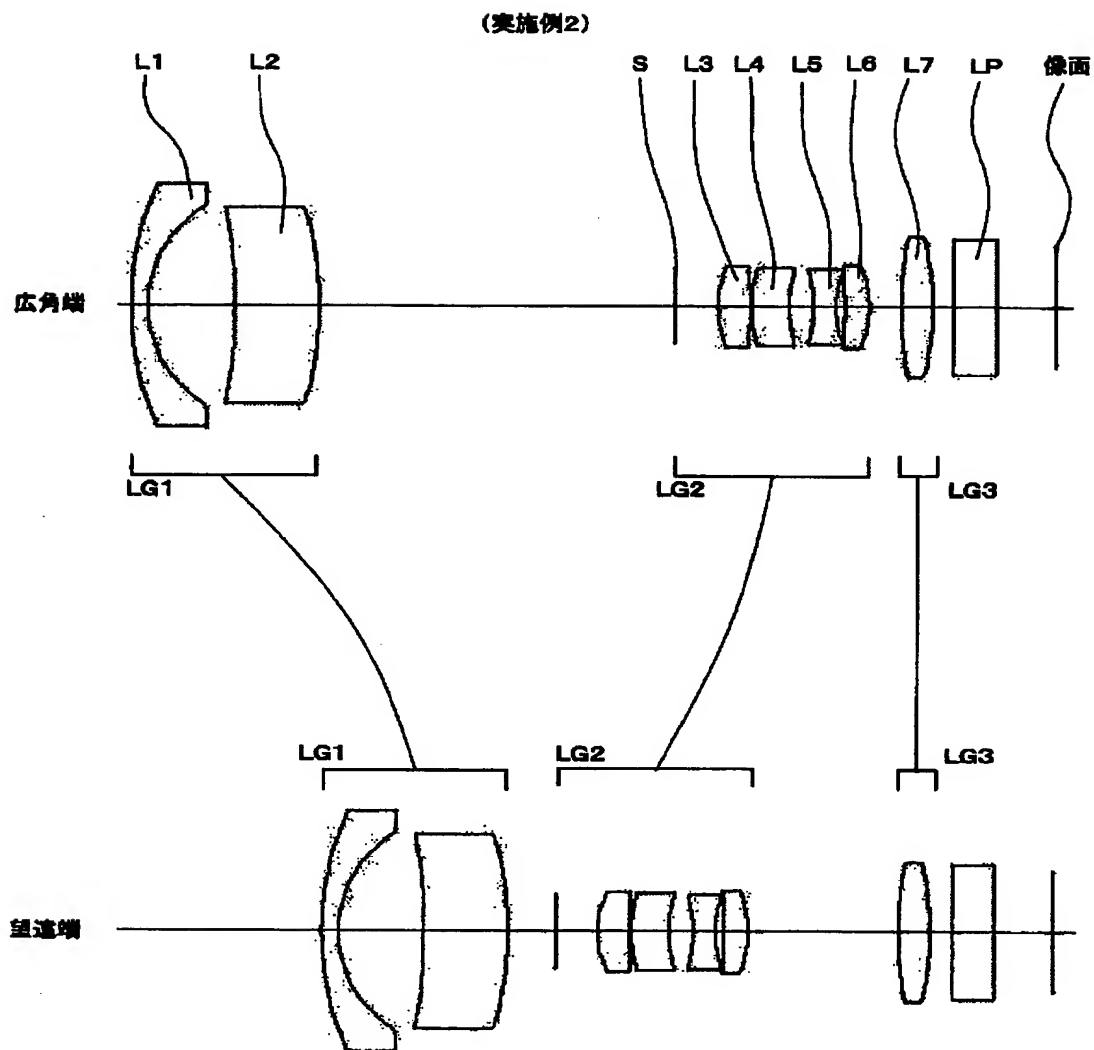
【図 1】



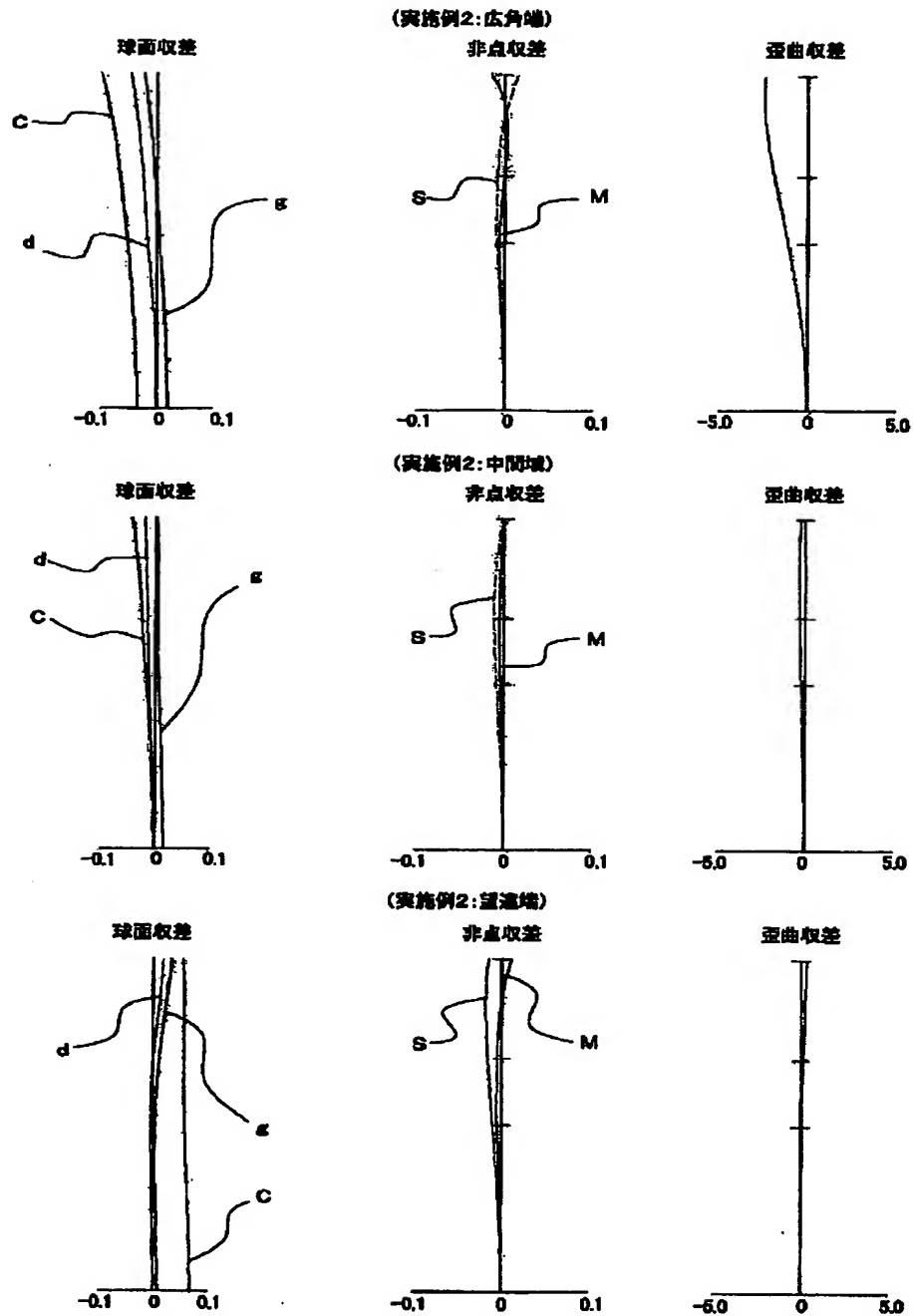
【図 2】



【図 3】

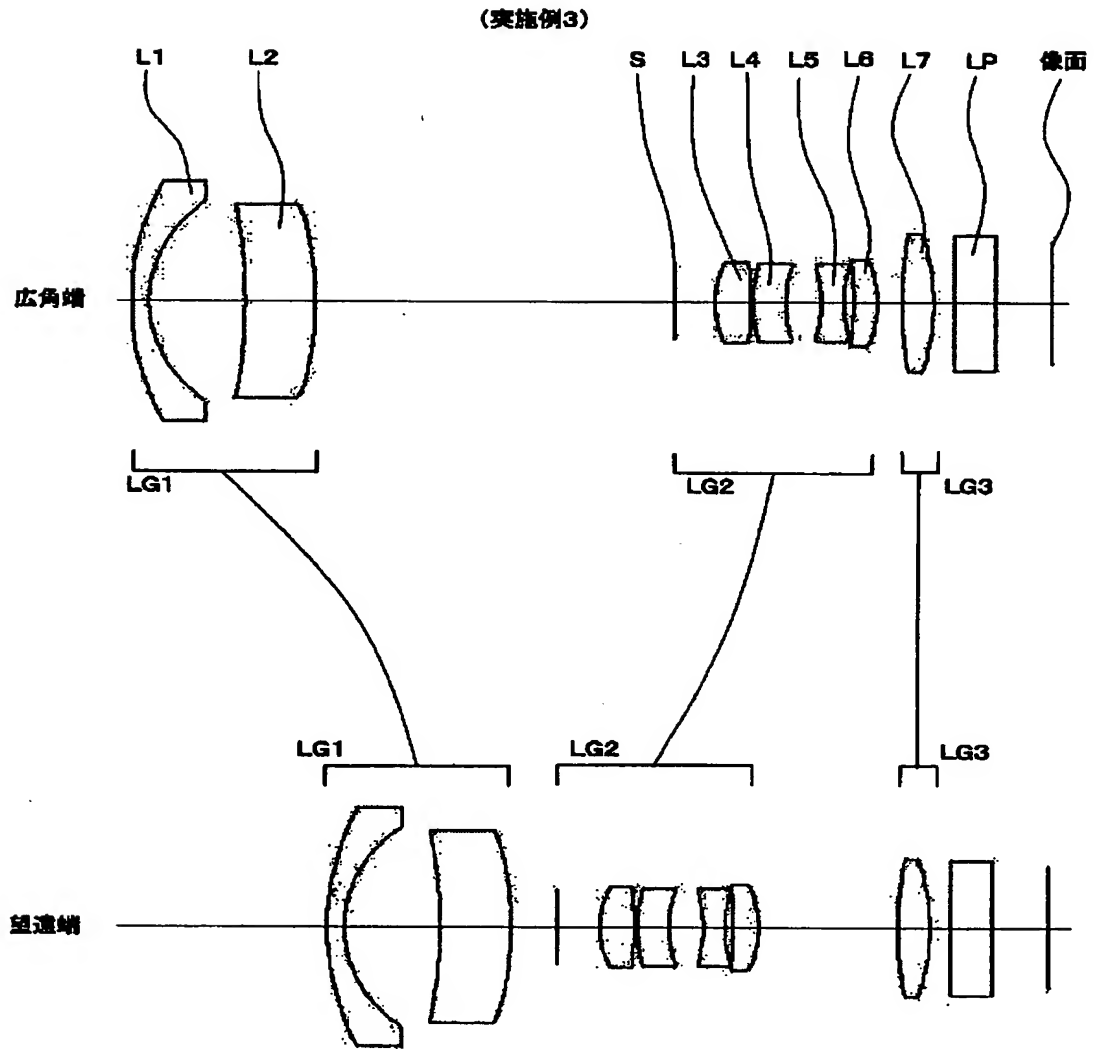


【図 4】

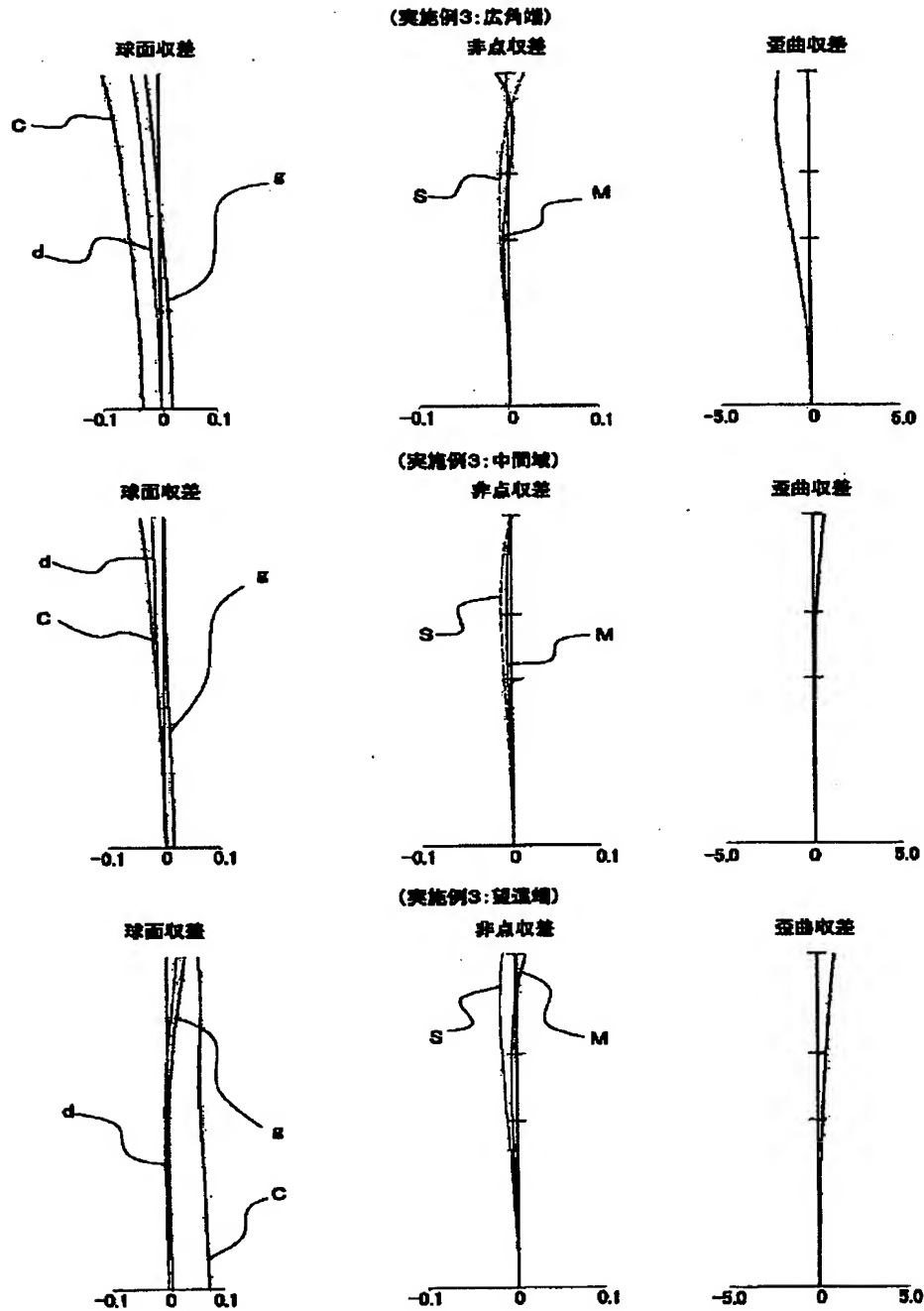




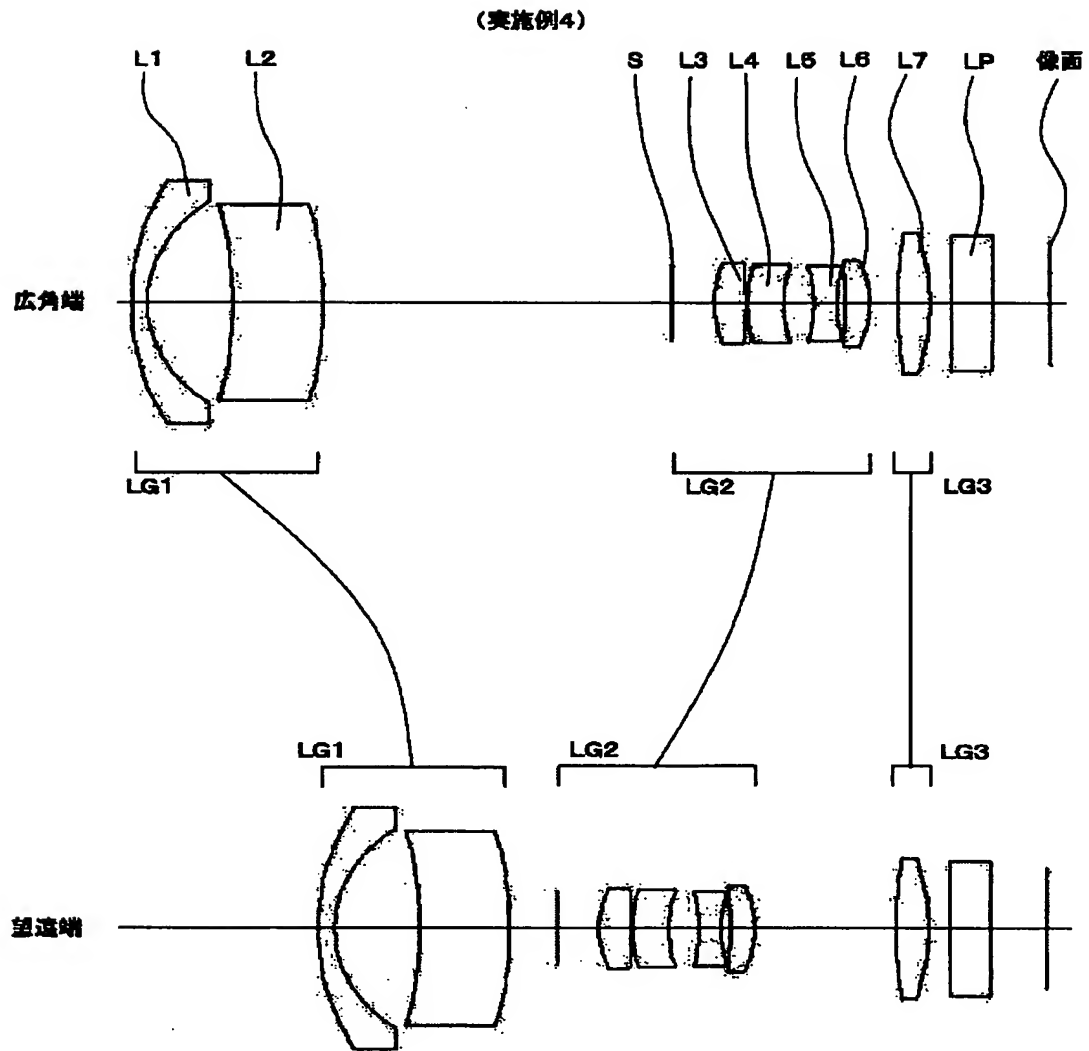
【図 5】



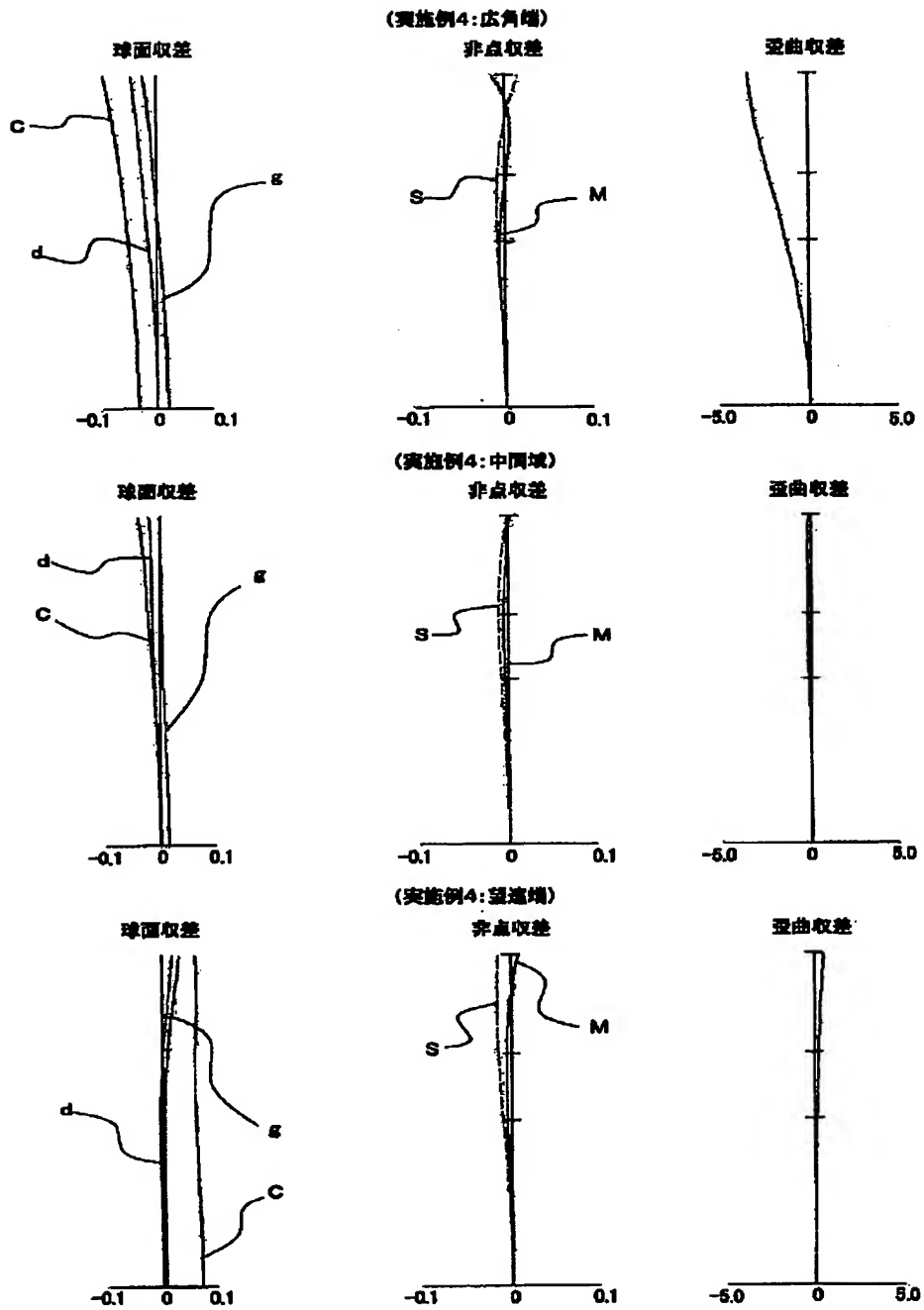
【図6】



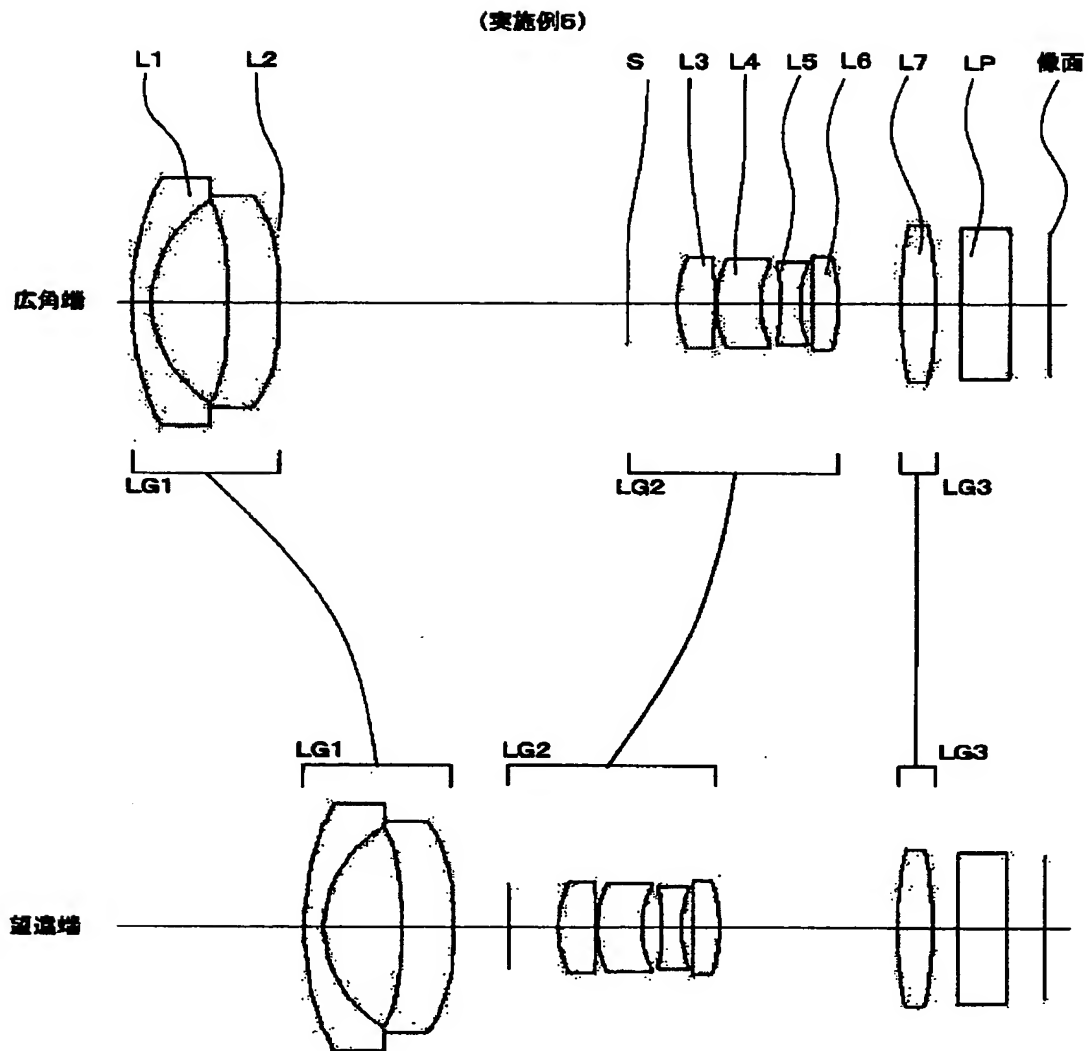
【 図 7 】



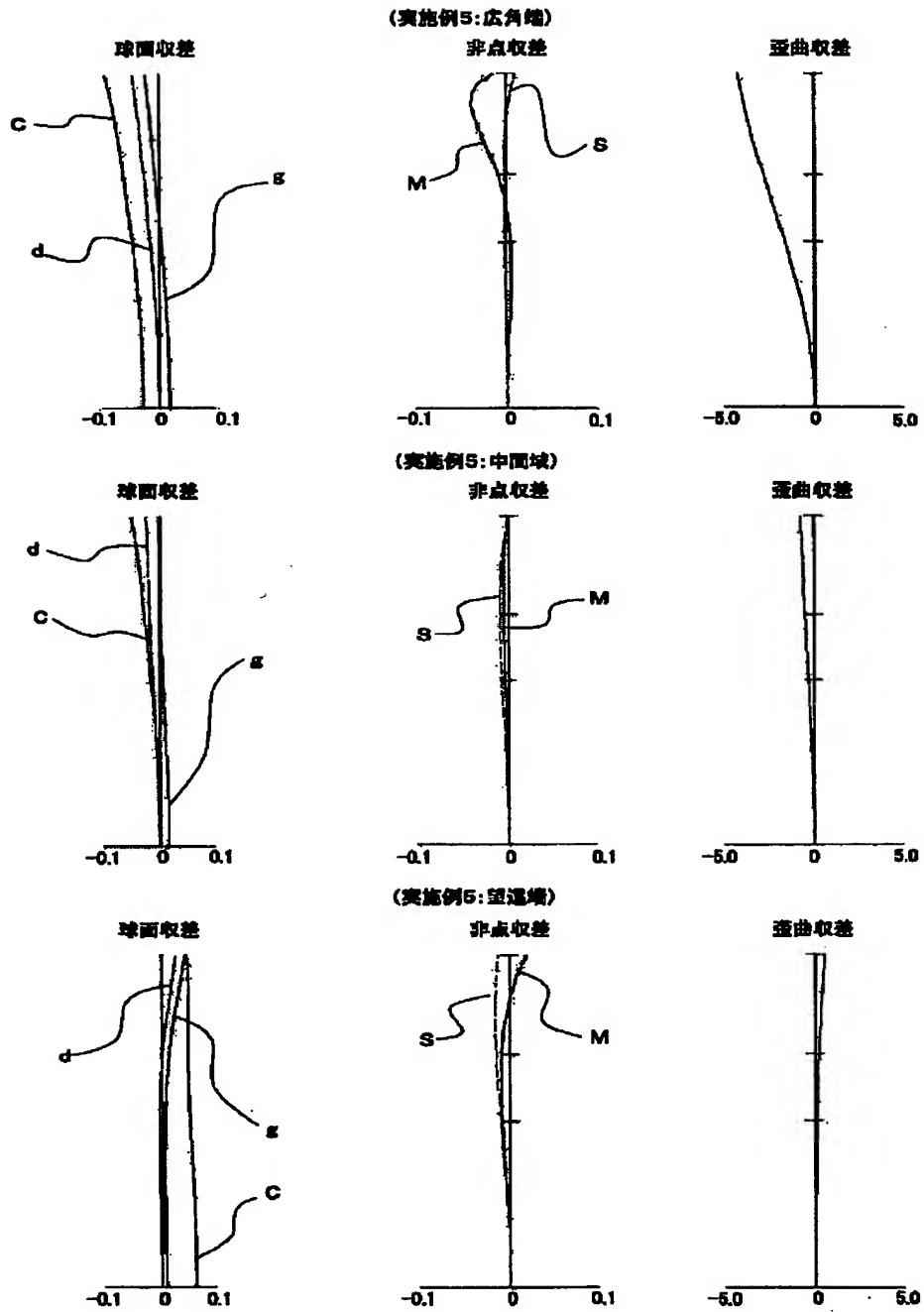
【図 8】



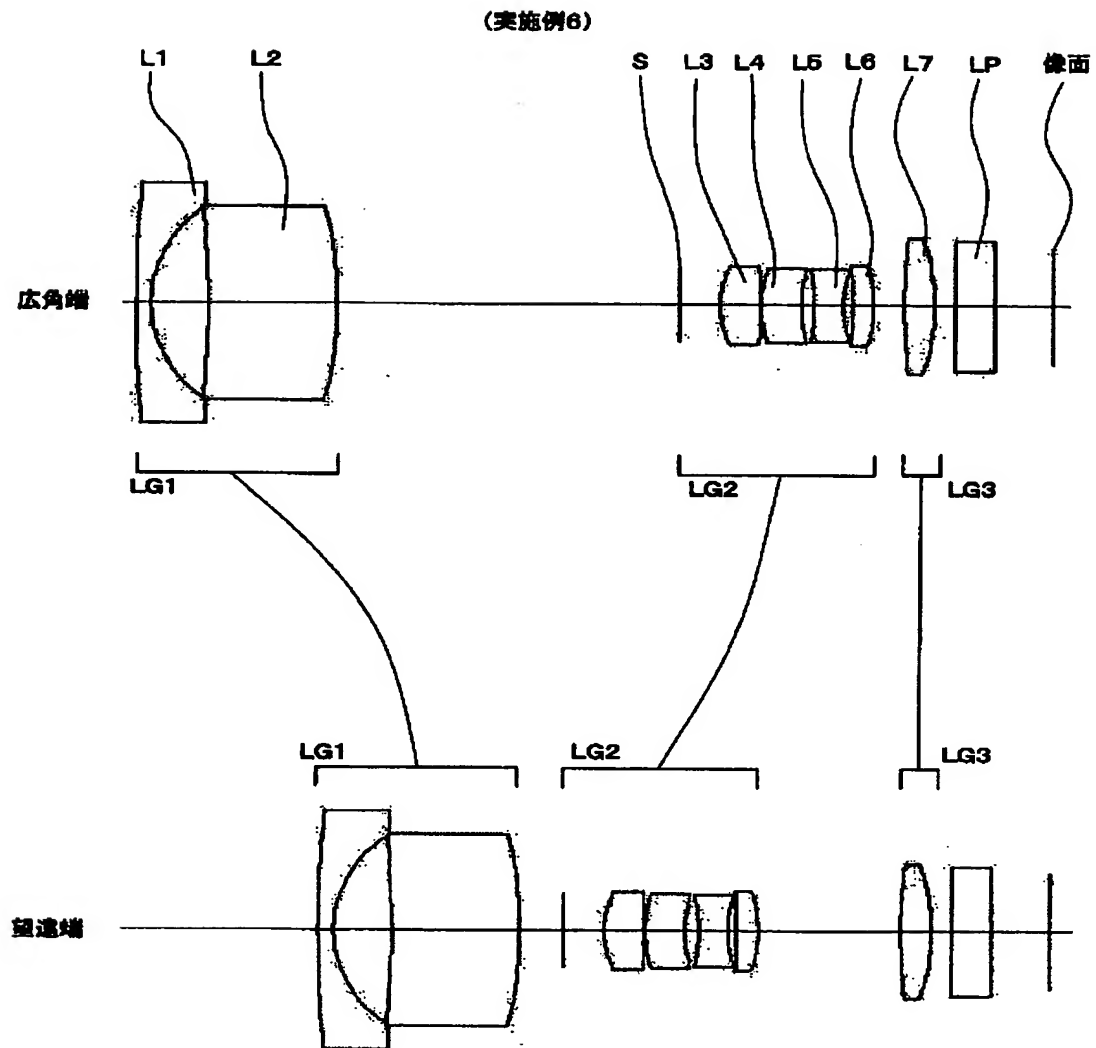
【図9】



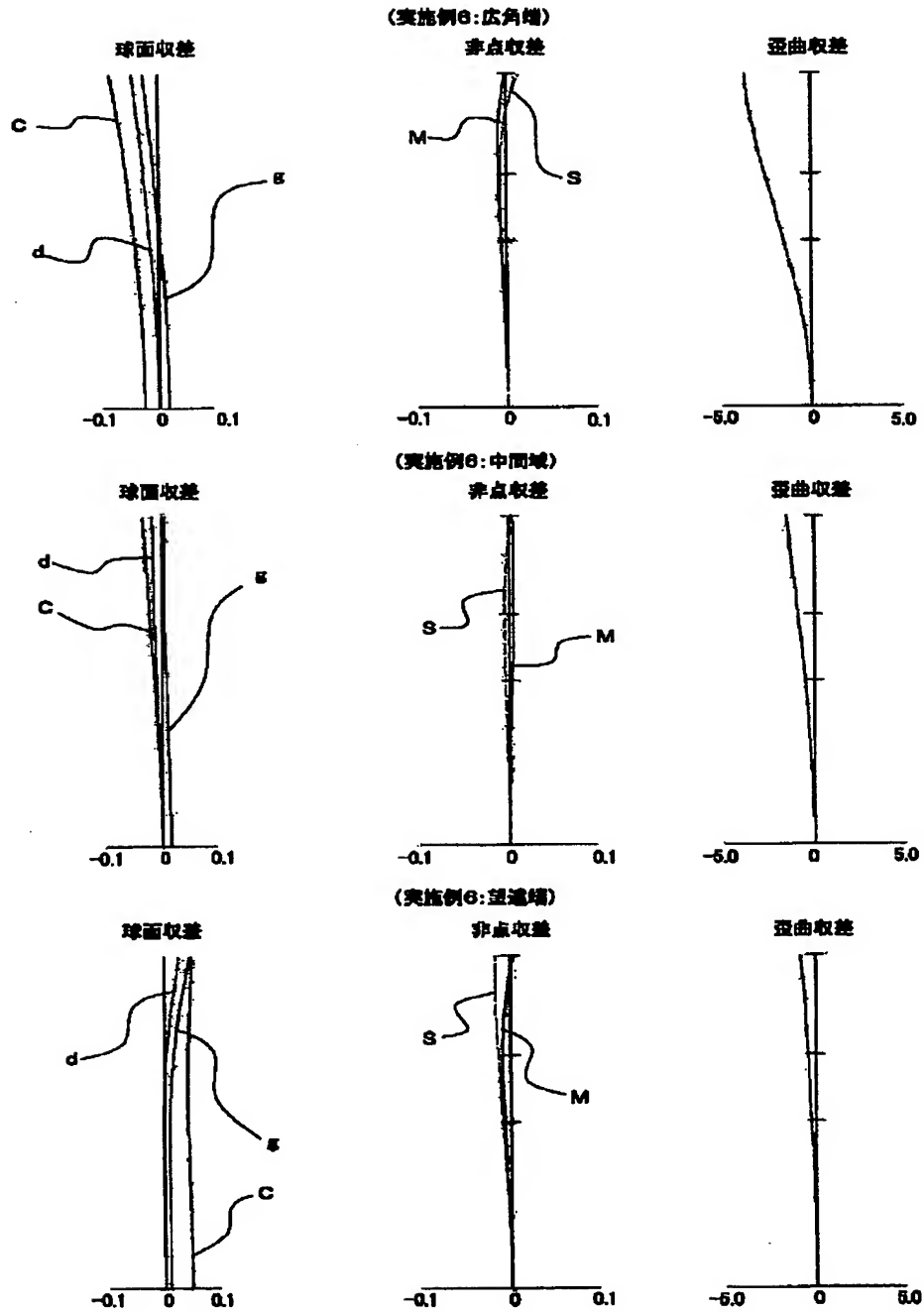
【図10】



【図11】

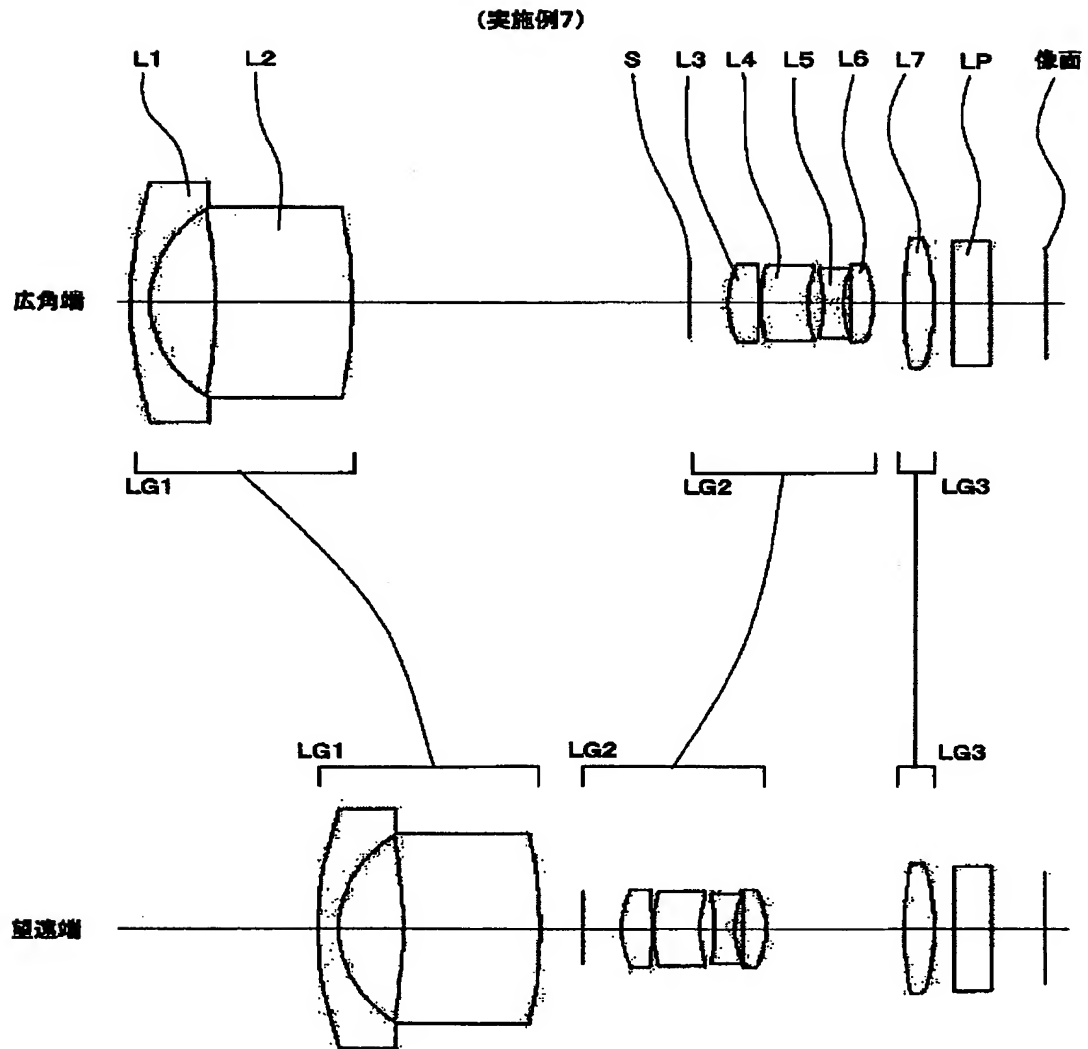


【図 12】

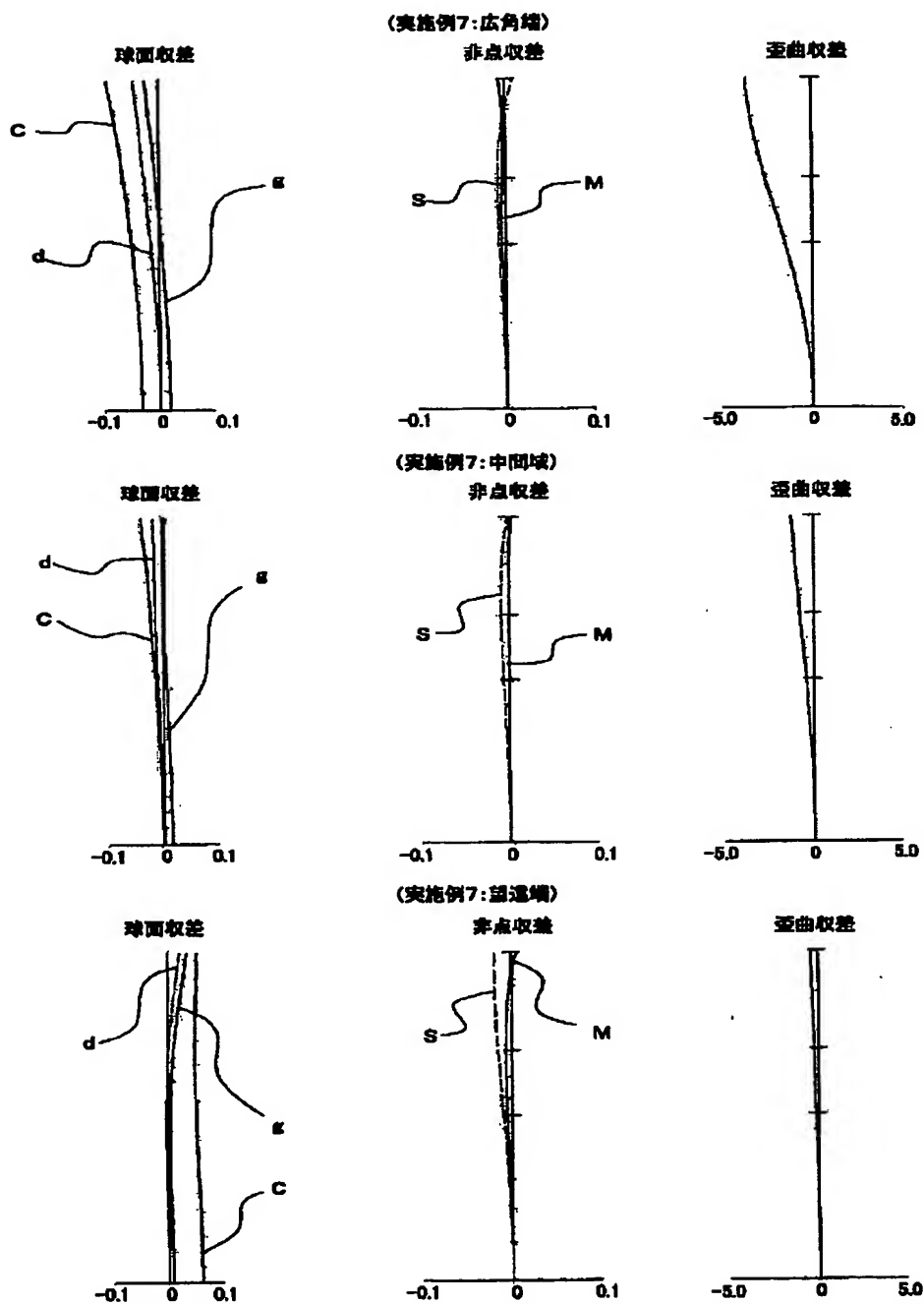




【図13】



【図 14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**